



TUGAS AKHIR - RE 141581

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI PERAH DAN INDUSTRI TAHU

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3312100111

DOSEN PEMBIMBING
Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - RE 141581

WASTEWATER TREATMENT INSTALLATION PLANNING FOR DIARY FARM AND TOFU INDUSTRY

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3312100111

SUPERVISOR
Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI PERAH DAN INDUSTRI TAHU

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI

NRP. 3312 100 111

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil., PhD

NIP. 198208042005011001



PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI PERAH DAN INDUSTRI TAHU

Nama : Rahani Yunanda Kusumadewi
NRP : 3312100111
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil,
PhD.

ABSTRAK

Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan peternakan sapi perah dengan diversifikasi industri tahu memiliki karakteristik air limbah dengan kandungan organik yang tinggi. Kualitas air limbah kegiatan peternakan sapi diketahui mencapai 1605,24 mgBOD/L, 4134,35 mgCOD/L, dan TSS sebesar 1170 mg/L. Kualitas air limbah untuk kegiatan industri tahu diketahui sebesar 2387,06 mg/L untuk BOD₅ dan COD sebesar 4204,2 mg/L, serta TSS sebesar 240 mg/L. Melihat karakteristik tersebut diperlukan pengolahan air limbah (PAL) agar air limbah yang dibuang ke badan air memenuhi baku mutu.

Dalam merencanakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) perlu diketahui karakteristik limbah yang sampelnya diambil dari lokasi peternakan sapi perah di Krian, Sidoarjo. Selain karakteristik, perlu diketahui pula kondisi eksisting dari objek perencanaan seperti kontur dan luas lahan. Alternatif pengolahan pada perencanaan ini adalah anaerobik digester dan *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB). Pada perencanaan ini, alternatif terpilih yang direncanakan secara detail adalah pengolahan dengan *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) dan kombinasi *anaerobic aerobic filter*.

Berdasarkan hasil perhitungan, luas lahan yang dibutuhkan untuk perencanaan IPAL adalah 297 m². Luas lahan tersebut juga termasuk pengolahan lumpur dan bak ekualisasi sebagai penunjang pengolahan. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun instalasi pengolahan air limbah sesuai perencanaan sebesar Rp1.663.183.000.

Kata Kunci: air limbah, industri tahu, peternakan sapi perah, *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

WASTEWATER TREATMENT INSTALLATION PLANNING FOR DAIRYFARM AND TOFU INDUSTRY

Nama : Rahani Yunanda Kusumadewi
NRP : 3312100111
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil,
PhD.

ABSTRACT

Wastewater which generated from dairy farm with industry diversification has wastewater characteristics contain high organic content. Wastewater quality from dairy farm activities reached 1605.24 mg BOD/L, 4134.35 mgCOD/L and for TSS reached 1170 mg/L. Moreover, the quality of waste water for tofu industrial activities reached 2387.06 mg/L for BOD₅, 4204.2 mg/L for COD, and 240 mg/L for TSS. Based on these characteristics, it is essential to has wastewater treatment plant in order to make the wastewater meet environmental quality standards.

In planning a wastewater treatment plant (WWTP), it essential to know the wastewater qualities taken from dairy farm which located in Krian, Sidoarjo. It also need to know the existing condition of the object of land contours and area. Then determined the treatment alternatives were anaerobic digester and up flow anaerobic sludge blanket (UASB). In this study, the selected alternative treatments which planned in detail were the treatment with an up flow anaerobic sludge blanket (UASB) and anaerobic aerobic filter combination.

Based on the calculations, the area of land required for WWTP was 297 m². These lands were also included sludge treatment and equalization basin as supporting processing. The costs needed to build the wastewater treatment plant reached Rp1.663.183.000.

Keywords: *dairy farm, tofu industry, upflow anaerobic sludge blanket (UASB), wastewater*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan lancar dan tepat waktu. Tugas akhir dengan judul "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Kegiatan Peternakan Sapi Perah dan Industri Tahu" dibuat dalam memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS. Dalam Penyusunan laporan ini, tak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala rahmat dan nikmat yang diberikan kepada penulis
2. Kedua orang tua atas segala dukungan moral, materi, dan doanya
3. Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil, PhD selaku dosen pembimbing tugas akhir atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan
4. IDAA Warmadewanthi, S.T., M.T., PhD, Ir. Ellina S. Pandebesie, M.T, Welly Herumurti, S.T., M.Sc, dan Alfian Purnomo, S.T., M.T selaku dosen penguji tugas akhir atas kritik dan saran yang telah diberikan
5. Pemilik peternakan sapi perah dan industri tahu Dusun Klagen, Krian, Sidoarjo atas izin yang diberikan sebagai lokasi studi
6. Teman-teman angkatan 2012, atas kebersamaan, bantuan serta kritik dan sarannya.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, mohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam tugas akhir ini. Kritik dan saran dari berbagai pihak yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Perencanaan	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat Perencanaan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan.....	5
2.2 Air Limbah.....	10
2.2.1 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah	10
2.2.2 Baku Mutu Air Limbah	13
2.3 Sistem Penyaluran air Limbah.....	13
2.4 Teknologi Pengolahan Air Limbah.....	15
2.4.1 Pengolahan Fisik	15
2.4.2 Pengolahan Kimia	18
2.4.3 Pengolahan Biologis.....	18
2.4.3.1 Pertumbuhan Tersuspensi.....	21
2.4.3.2 Pertumbuhan Melekat.....	25
2.4.3.3 <i>Lagoon</i> atau Kolom.....	28
2.5 Penelitian Terdahulu	28
BAB 3 METODOLOGI PERENCANAAN	
3.1 Kerangka Perencanaan	31
3.2 Tahapan Perencanaan	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Debit dan Kualitas Air Limbah	39
4.1.1 Debit Air Limbah	39
4.1.2 Kualitas Air Limbah.....	39
4.2 Alternatif Pengolahan	43
4.2.1 Alternatif Pengolahan 1	44
4.2.2 Alternatif Pengolahan 2	47
4.2.2 Pemilihan Alternatif Pengolahan	49

4.3	Penyesuaian Saluran Air Limbah.....	50
4.4	Perencanaan Instalasi Pengolahan	61
4.4.1	<i>Screen</i>	61
4.4.2	Bak Ekualiasi	65
4.4.3	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)</i>	77
4.4.4	<i>Anaerobic Filter</i>	87
4.4.5	<i>Aerobic Filter</i>	94
4.4.6	<i>Mass Balance</i>	105
4.4.7	Profil Hidrolis.....	108
4.4.8	Unit Pengolahan Lumpur	113
4.5	BOQ dan RAB.....	117
4.5.1	<i>Bill of Quantity (BOQ)</i>	117
4.5.2	Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	122
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	125
5.2	Saran	126
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A	Prosedur Analisis Laboratorium	
LAMPIRAN B	Dokumentasi	
LAMPIRAN C	Harga Satuan Bahan dan Analisis HSPK	
LAMPIRAN D	Pompa	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu Air Limbah	13
Tabel 2.2	Faktor Kekasaran Saluran(n)	15
Tabel 2.3	Faktor Desain Pembersihan Bar Screen	16
Tabel 2.4	Faktor Bentuk bar	16
Tabel 2.5	Kelebihan dan Kekurangan Proses Anaerobik.....	19
Tabel 2.6	Kriteria Desain <i>Anaerobic Digester</i>	22
Tabel 2.7	Kriteria Desain UASB	24
Tabel 2.8	Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter	26
Tabel 2.9	Kriteria Desain Bangunan AF	26
Tabel 2.10	Kriteria Desain Bangunan Aerobic Filter	28
Tabel 3.1	Metode Uji Karakteristik Limbah.....	36
Tabel 4.1	Hasil Analisis Karakteristik Air Limbah	40
Tabel 4.2	Karakteristik Air Limbah Campuran.....	40
Tabel 4.3	Perbedaan <i>Anaerobic Digester</i> dan UASB	43
Tabel 4.4	Penyisihan Polutan Alternatif Pengolahan 1	46
Tabel 4.5	Kebutuhan Luas Lahan Alternatif Pengolahan 1	47
Tabel 4.6	Penyisihan Polutan Alternatif Pengolahan 2	48
Tabel 4.7	Kebutuhan Luas Lahan Alternatif Pengolahan 2	49
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Saluran.....	55
Tabel 4.9	Perhitungan Elevasi Saluran	57
Tabel 4.10	Fluktuasi Debit Lokasi Studi	65
Tabel 4.11	Perhitungan Selisih Debit Kumulatif	70
Tabel 4.12	Perhitungan Profil Hidrolis	110
Tabel 4.13	Kriteria Desain Unit SDB	113
Tabel 4.14	Pipa, Aksesoris Pipa, Pompa, dan Difuser	122
Tabel 4.15	Rencana Anggaran Biaya Unit-Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah	122
Tabel 4.16	Rencana Anggaran Biaya <i>SDB</i>	123
Tabel 4.17	Rencana Anggaran Biaya Anaerobik Digester	122

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lokasi Peternakan Sapi Perah.....	5
Gambar 2.2	Layout Lokasi Perencanaan.....	7
Gambar 2.3	Diagram Alir Proses Produksi Tahu	9
Gambar 2.4	Penyaring Kasar (<i>Screening</i>)	17
Gambar 2.5	Degradasi Senyawa Organik dalam Anaerob	19
Gambar 2.6	Desain <i>Anaerobic Digester</i>	22
Gambar 2.7	<i>Cross Section of an Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>	23
Gambar 2.8	Media Sarang Tawon	26
Gambar 2.9	Penampang Membujur Unit AF	27
Gambar 2.10	Desain <i>Two Phase Anaerobic Digestion System</i>	29
Gambar 3.1	Kerangka Perencanaan.....	33
Gambar 4.1	Lokasi Sampling	41
Gambar 4.2	Hubungan Rasio Penyisihan COD dan BOD	45
Gambar 4.3	Diagram Alir Alternatif Pengolahan1	46
Gambar 4.4	Diagram Alir Alternatif Pengolahan 2	48
Gambar 4.5	Saluran yang Direncanakan	51
Gambar 4.6	Penampang Saluran.....	59
Gambar 4.7	<i>Screen</i>	63
Gambar 4.8	Skema Bak Ekualisasi-UASB	67
Gambar 4.9	Tampak Atas Bak Ekualisasi.....	73
Gambar 4.10	Denah Bak Ekualisasi	74
Gambar 4.11	Potongan A-A Bak Akualisasi.....	75
Gambar 4.12	Potongan B-B Bak Ekualisasi.....	76
Gambar 4.13	Tampak Atas UASB.....	83
Gambar 4.14	Potongan A-A UASB	84
Gambar 4.15	Potongan B-B UASB	85
Gambar 4.16	Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan Suhu	89
Gambar 4.17	Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan CODin.....	90
Gambar 4.18	Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan Luas Permukaan Media	91
Gambar 4.19	Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan	

	HRT	91
Gambar 4.20	Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD	92
Gambar 4.21	Tampak Atas Kombinasi Anaerobik-Aerobik Filter	101
Gambar 4.22	Potongan A-A Kombinasi Anaerobik-Aerobik Filter	102
Gambar 4.23	Potongan B-B dan Potongan C-C Kombinasi Anaerobik-Aerobik Filter	103
Gambar 4.24	Skema <i>Mass Balance</i>	107
Gambar 4.25	Profil Hidrolis	111
Gambar 4.26	Layout IPAL dengan SDB	115
Gambar 4.27	Layout IPAL dengan Anaerobik Digester	116
Gambar 4.28	Sketsa Galian	117

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kesejahteraan masyarakat berdampak pada peningkatan kesadaran pentingnya pemenuhan gizi seimbang, yaitu dengan peningkatan konsumsi susu (Pusdatin, 2013). Hal tersebut menciptakan peluang bagi masyarakat dalam peningkatan ekonomi, yaitu dengan pengembangan peternakan sapi perah (Farid dan Suksesi, 2011). Salah satu peternakan sapi perah skala besar dengan jumlah sapi perah \pm 300 ekor berada di Dusun Klagen, Krian, Kabupaten Sidoarjo. Peternakan sapi perah dengan klasifikasi usaha skala besar (SB) memiliki jumlah sapi lebih dari 100 ekor (Yusdja, 2005). Kegiatan usaha peternakan sapi tidak hanya memberikan dampak positif tetapi juga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian Widyastuti dkk. (2013) karakteristik air limbah peternakan sapi untuk BOD sebesar 762 mg/L, COD sebesar 2.080 mg/L, dan TSS sebesar 780 mg/L. Pada usaha peternakan sapi perah di Desa Legundi, Krian, Kabupaten Sidoarjo terdapat diversifikasi kegiatan yaitu dengan adanya industri tahu. Pada kegiatan industri tahu juga menghasilkan air limbah yang memiliki karakteristik BOD₅ sebesar 6.000 mg/L – 8.000 mg/L dan COD sebesar 7.500 mg/L - 14.000 mg/L (Herlambang, 2002). Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 menyatakan, bahwa setiap usaha diperbolehkan membuang limbah ke media lingkungan hidup dengan persyaratan memenuhi baku mutu lingkungan hidup. Karakteristik air limbah tersebut menunjukkan bahwa air limbah yang dihasilkan dari kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu memiliki konsentrasi pencemar yang tinggi, sehingga diperlukan adanya instalasi pengolahan air limbah (IPAL).

Menurut Said (2014) karakteristik limbah ternak sapi perah sebesar 0,6 hingga 0,78 untuk rasio BOD/COD. Ditinjau dari rasio BOD/COD tersebut, umumnya air limbah bersifat *biodegradable* (Moertinah, 2010). Berdasarkan Subekti (2011) pengolahan kotoran hewan atau air limbah dengan kandungan organik tinggi banyak diolah dengan proses anaerobik. Pengolahan air limbah untuk kegiatan peternakan sapi dan industri tahu yang telah ada dengan menggunakan *anaerobic*

digester. Penelitian yang pernah dilakukan Ince (1998) pengolahan air limbah sapi perah dengan *anaerobic digester* dengan tipe *two-phase* mampu mereduksi COD sebesar 90% dan BOD sebesar 95%. *Anaerobic digester* juga telah digunakan untuk pengolahan air limbah tahu seperti pengolahan limbah tahu di Kabupaten Grobogan (Subekti, 2011). Pengolahan limbah tahu juga dapat dilakukan dengan kombinasi sistem anaerobik biofilter dan aerobik biofilter (Mufida dkk., 2015). Sistem pengolahan-pengolahan tersebut menjadi pertimbangan dalam perencanaan pengolahan air limbah ini.

Penentuan sistem pengolahan air limbah di dalam perencanaan ini dilakukan dengan memilih beberapa sistem pengolahan sebagai alternatif. Pemilihan sistem pengolahan air limbah yang paling tepat dari alternatif pada perencanaan ini mempertimbangkan aspek teknis dan aspek finansial. Aspek teknis dalam perencanaan menyesuaikan pada kaidah perencanaan dengan memperhatikan debit dan kualitas awal air limbah, kriteria desain dan kelebihan, serta kekurangan dari tiap unit pengolahan yang dipilih. Berdasarkan debit dan kualitas air limbah dapat diketahui kesesuaian pengolahan dengan kriteria desain. Selain itu, pemilihan proses pengolahan juga memperhatikan baku mutu sebagai target capaian pengolahan. Aspek finansial yang dipertimbangkan adalah biaya investasi dan operasional, serta perawatan. Biaya investasi diketahui dengan memperhitungkan banyak biaya dalam membangun instalasi pengolahan air limbah yang disesuaikan dengan keadaan dari objek perencanaan. Biaya operasional dan perawatan juga memperhatikan kemudahan dan kondisi dari objek perencanaan.

Perencanaan instalasi pengolahan yang tepat untuk kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu sangat dibutuhkan. Instalasi pengolahan air limbah dapat menghasilkan air buangan yang memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke badan air. Baku mutu air limbah kegiatan peternakan sapi dan industri tahu mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur. Perencanaan ini akan mendapatkan instalasi pengolahan air limbah yang sesuai untuk kegiatan peternakan sapi dan industri tahu.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang perencanaan instalasi pengolahan air limbah peternakan sapi perah dan industri tahu adalah sebagai berikut:

1. Kualitas air limbah yang masih melebihi baku mutu dari kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu langsung dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan.
2. Desain instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang sesuai dengan kualitas dan kuantitas kegiatan peternakan sapi perah yang diiringi kegiatan industri tahu.
3. Biaya yang diperlukan untuk pembuatan instalasi pengolahan air limbah (IPAL).

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan yang ingin dicapai dari perencanaan yang akan dilakukan adalah:

1. Menentukan alternatif pengolahan air limbah untuk kegiatan peternakan sapi perah yang diiringi dengan kegiatan industri tahu.
2. Merencanakan instalasi pengolahan air limbah dari alternatif terpilih sesuai dengan kaidah perencanaan.
3. Menganalisis biaya yang dibutuhkan dengan perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB).

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup untuk perencanaan instalasi pengolahan air limbah kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu adalah sebagai berikut:

1. Lokasi pelaksanaan perencanaan berada di salah satu usaha peternakan sapi perah di Krian, Kabupaten Sidoarjo.
2. Air limbah yang akan diolah adalah pemakaian air kegiatan peternakan sapi perah dan air limbah produksi tahu.
3. Parameter yang digunakan adalah BOD, COD, TSS, dan pH.

4. Baku mutu limbah cair mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur.
5. Penyesuaian sistem penyalur air limbah dengan kondisi eksisting.

1.5 Manfaat Perencanaan

Manfaat dari perencanaan instalasi pengolahan air limbah peternakan sapi perah dan industri tahu ini adalah:

1. Memberi solusi untuk mengatasi pencemaran badan air dari kegiatan usaha peternakan sapi yang juga diiringi dengan industri tahu.
2. Memberikan rekomendasi pengolahan air limbah disertai *detail engineering desain* untuk kegiatan usaha peternakan sapi yang juga diiringi dengan industri tahu.
3. Memberikan informasi kepada peternak terkait biaya untuk pembangunan dan pengoperasian IPAL.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan

Kegiatan peternakan sapi perah yang menjadi lokasi studi perencanaan instalasi pengolahan air limbah berlokasi di Dusun Klagen, Krian, Sidoarjo tepatnya terletak pada $7^{\circ} 25' 24,48''$ LS dan $112^{\circ} 34' 46,99''$ BT. Tinggi lokasi wilayah perencanaan adalah 12 meter hingga 15 meter dari permukaan laut. Luas lahan usaha peternakan adalah sekitar 1,3 Ha. Adapun batas lokasi tersebut secara langsung adalah

Utara : lahan kosong
Timur : lahan kosong
Selatan : pemukiman
Barat : pemukiman

Lokasi wilayah sapi perah yang dipilih untuk menjadi lokasi studi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1. Layout lokasi perencanaan dapat dilihat pada Gambar 2.2.

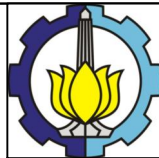


Gambar 2.1 Lokasi Peternakan Sapi Perah
Sumber: Google Earth (2016)

Usaha peternakan sapi perah yang berlokasi di Krian ini beroperasi sejak tahun 1989 dan merupakan salah satu peternakan sapi perah yang tergolong berskala besar dengan jumlah sapi sebanyak ± 300 ekor sapi. Pada peternakan ini, air bersih yang digunakan bersumber pada air tanah. Aktivitas peternakan sapi perah pada umumnya adalah pemerahan, pemandian sapi, dan pembersihan kandang. Pada peternakan ini pemerahan dilakukan dua kali setiap hari pada pagi (06.00 – 10.00) dan sore (13.00 – 17.00). Pemerahan selalu diiringi dengan kegiatan pemandian sapi karena sapi harus dalam keadaan bersih saat diperah. Pada saat tersebut pembersihan kandang juga dilakukan. Susu hasil pemerahan didistribusikan ke beberapa koperasi dan industri susu di Jawa Timur.

Pada kegiatan usaha peternakan sapi di Krian ini terdapat diversifikasi kegiatan yaitu adanya kegiatan industri tahu. Industri tahu ini didirikan mengingat ampas tahu yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Ampas tahu merupakan limbah padat yang dihasilkan dari produksi tahu yang masih mengandung kadar protein yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Kaswinarni, 2007). Selain itu, permintaan tahu yang terus meningkat di Indonesia juga merupakan peluang ekonomi. Industri tahu pada kegiatan ini memproduksi sebanyak $\pm 1,5$ ton kedelai setiap harinya. Industri tahu beroperasi mulai pukul 08.00 hingga 16.00 yang dilakukan setiap hari. Proses produksi tahu pada industri tahu di Krian ini sama dengan industri tahu pada umumnya yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Pada proses pembuatan tahu, sebanyak 20% air tercampur pada kedelai sehingga terbentuklah tahu dan 80% dari air bersih menjadi air limbah. Pada objek studi peternakan sapi perah dan pabrik tahu ini air cuka yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai biogas. Biogas yang dihasilkan dapat melayani sekitar 25 kepala keluarga yang berada di sekitar lokasi studi.



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
2016**

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN
SAPI PERAH DAN INDUSTRI TAHU**

JUDUL GAMBAR

Layout Lokasi Studi

LEGENDA

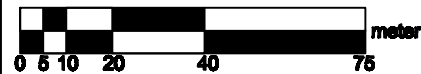
NAMA MAHASISWA

**RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111**

DOSEN PEMBIMBING

**ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042005011001**

SKALA



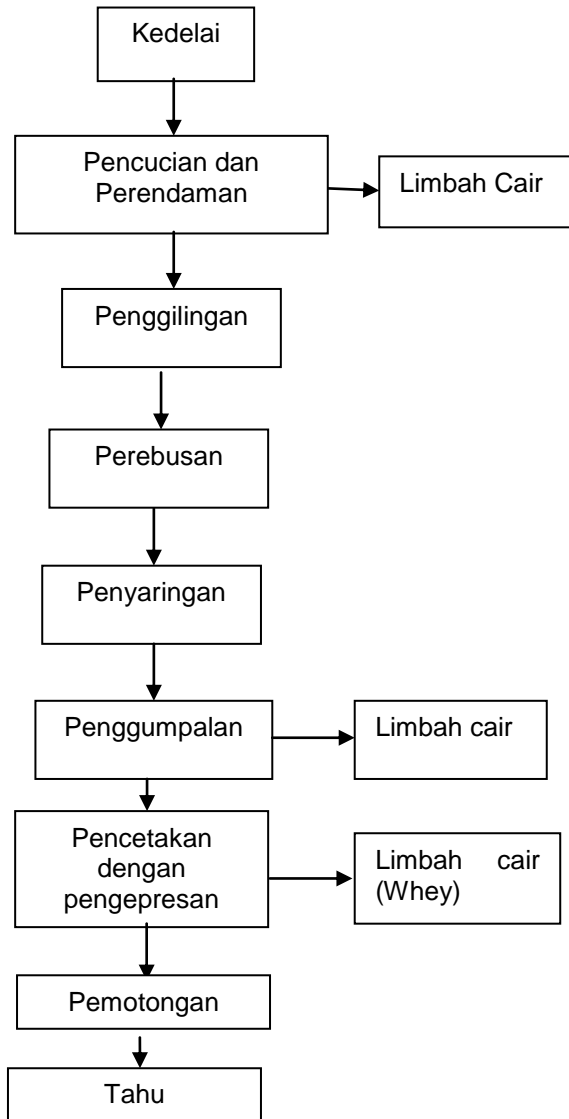
NO. GAMBAR

Gambar 2.2

MATA ANGIN



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar 2.3 Diagram Alir Proses Produksi Tahu

2.2 Air Limbah

Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Air limbah adalah air yang dikeluarkan oleh industri akibat proses produksi dan pada umumnya sulit diolah karena biasanya mengandung beberapa zat seperti pelarut organik, zat padat terlarut, *suspended solid*, minyak dan logam berat (Metcalf dan Eddy, 1991). Hampir semua kegiatan manusia akan menghasilkan limbah cair, termasuk kegiatan industrialisasi.

2.2.1 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah

Dalam merencanakan instalasi pengolahan air limbah industri diperlukan data kualitas dan kuantitas dari air limbah yang akan diolah. Data kualitas air limbah dalam hal ini meliputi karakteristik awal dari limbah yang akan diolah sebagai penentu pengolahan yang sesuai. Data kuantitas digunakan untuk menentukan volume dari masing masing bangunan. Kuantitas dan kualitas air limbah yang utama pada wilayah studi berasal dari kegiatan peternakan sapi perah. Kualitas dan kuantitas air limbah di wilayah studi juga dipengaruhi oleh air cucian dan rendaman kedelai dari kegiatan produksi tahu. Air limbah dari produksi tahu yang merupakan kegiatan sampingan juga berperan dalam pencemaran badan air.

Karakteristik air limbah dari kegiatan peternakan sapi perah tergantung pada aktivitas pemakaian air. Tingginya konsentrasi zat organik dalam air limbah menyebabkan penurunan kandungan oksigen dalam air sehingga kebutuhan oksigen tinggi (Khiaudin, 2003). Air limbah peternakan sapi memiliki kandungan zat organik yang tinggi (Widyastuti dkk., 2013). Jika suatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan O_2 terlarut dalam air, sehingga kebutuhan O_2 dari tumbuhan dan hewan yang ada di air akan terampas dan menyebabkan kepunahan (Togatorop, 2009). Karakteristik limbah cair peternakan sapi perah beserta campuran air limbah produksi tahu adalah sebagai berikut:

1. Sifat fisik
 - a. Padatan Tersuspensi

Menurut Ginting (2007) padatan yang terlarut dan tersuspensi dalam air limbah pabrik tahu menyebabkan air keruh. Apabila terjadi pengendapan dan pembusukkan zat-zat tersebut di dalam badan perairan penerima limbah cair, maka akan mengurangi nilai guna perairan tersebut (Fajarudin, 2002).

b. Temperatur

Suhu berfungsi memperlihatkan aktivitas kimiawi dan biologis (Santika dan Alaerts, 1984). Limbah cair tahu pada umumnya berada pada kondisi temperatur tinggi karena proses produksi selalu pada kondisi panas, yaitu pada suhu 60°C – 80°C . Pada proses pencucian digunakan air normal, sehingga suhu untuk limbah pencucian pada kondisi normal (Ratnani, 2011).

c. Warna

Warna berkaitan dengan kekeruhan dan dengan menghilangkan kekeruhan dapat terlihat warna nyata. Warna dalam air dapat disebabkan oleh zat-zat terlarut dan zat tersuspensi (Santika dan Alaerts, 1984). Limbah cair tahu biasanya berwarna kuning muda dan disertai adanya suspensi berwarna putih (Ginting, 2007).

d. Kekeruhan

Kekeruhan dapat terjadi karena zat organik terlarut yang sudah terpecah atau zat-zat tersuspensi dari pati, sehingga air limbah berubah menjadi emulsi keruh. Emulsi adalah suatu dispersi atau suspensi suatu cairan dalam cairan yang lain, dimana molekul-molekul kedua cairan tersebut tidak saling mengikat satu sama lain (Fajarudin, 2002).

e. Bau

Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfida atau amoniak. Hal tersebut dikarenakan adanya campuran dari nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein

yang dikandung limbah (Santika dan Alaerts, 1984).

2. Sifat kimia

a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan semua zat-zat organik yang terlarut maupun sebagian tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Nilai BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena adanya sejumlah bakteri. Semakin tinggi angka BOD semakin sulit bagi makhluk air yang membutuhkan oksigen untuk bertahan hidup. Kandungan BOD berdasarkan penelitian Herlambang (2002) kandungan BOD pada pabrik tahu sebesar 6.000 mg/L – 8.000 mg/L. Berdasarkan Ratnani (2011) kandungan BOD pada pabrik tahu berkisar 5.000 mg/L – 10.000 mg/L.

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik yang menunjukkan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik. Pengukuran COD menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Berdasarkan penelitian Herlambang (2002) kandungan COD pada pabrik tahu sebesar 7.500 mg/L - 14.000 mg/L. Berdasarkan Ratnani (2011), kandungan COD pada pabrik tahu berkisar 7.000 mg/L – 12.000 mg/L.

c. Keasaman air atau pH

Tingkat keasaman atau pH ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air yang dapat diukur dengan pH meter. Air buangan yang mempunyai pH tinggi atau rendah menjadikan air steril dan berakibat mematikan

mikroorganisme air yang diperlukan untuk keperluan biota tertentu, sehingga juga dapat mematikan biota dalam badan air (Santika dan Alaerts, 1984).

2.2.2 Baku Mutu Air Limbah

Baku mutu air limbah adalah suatu standar yang digunakan untuk mengukur kadar maksimum dalam suatu parameter zat yang terkandung dalam air limbah sebelum dibuang ke badan air. Standar yang diberlakukan bertujuan agar badan air penerima tidak tercemar karena jumlah atau konsentrasinya tidak mampu ditampung oleh komponen yang ada di badan air. Baku mutu yang dijadikan acuan dalam perencanaan bangunan instalasi pengolahan air limbah ini adalah Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 tahun 2013. Peraturan tersebut dijadikan acuan karena menyesuaikan lokasi studi yang terletak di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Baku mutu untuk limbah cair peternakan sapi dan industri tahu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah

No	Parameter	Kadar Maksimal	
		Peternakan Sapi yang Beroperasi Sebelum April 2009	Kadar Maksimum Industri Tahu
1	BOD ₅	150 mg/L	150 mg/L
2	COD	400 mg/L	300 mg/L
3	TSS	300 mg/L	100 mg/L
4	pH	6 – 9	6 - 9

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013

2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah

Dalam perencanaan suatu sistem penyaluran air limbah diperlukan beberapa kriteria dasar dan acuan perencanaan. Dasar-dasar yang dipergunakan sebagai patokan pada perencanaan sistem penyaluran air limbah secara umum yaitu :

- Kondisi fisik kota seperti topografi, geografi, dan lainnya.
- Debit air limbah yang membebani saluran.

Syarat-syarat yang harus diperhatikan dalam perencanaan saluran air limbah terbuka (*open sewer*) adalah:

- a. Arah aliran mengikuti ketinggian tanah yang ada sehingga pengaliran berlangsung secara gravitasi dan menghindari pemompaan.
- b. Perlu diperhatikannya batasan kecepatan aliran air minimum dan maksimum. Adapun ketentuan kecepatan aliran air adalah sebagai berikut.

1. Kecepatan Minimum

Kecepatan ini didasarkan pada kemampuan pengaliran untuk memberikan daya pembilasan sendiri saluran tersebut terhadap endapan-endapan. Kecepatan minimum yang biasa digunakan dalam perencanaan penyaluran air limbah adalah 0,5 m/detik. Di samping itu juga terdapat kecepatan minimum menurut kebutuhannya, misalnya :

- Untuk mencegah terjadinya endapan organik maka digunakan kecepatan minimum 0,3 m/detik.
- Untuk mencegah pengendapan partikel mineral seperti pasir dan kerikil digunakan kecepatan minimum 0,75 m/detik.
- Untuk saluran air limbah yang tertekan dimana pembersihan adalah sulit dilaksanakan digunakan kecepatan minimum yang digunakan adalah 1,0 m/detik. Salah satu contoh saluran air limbah yang tertekan adalah *inverted syphon*.

2. Kecepatan Maksimum

Kecepatan ini didasarkan pada kemampuan saluran terhadap adanya kemungkinan gerusan-gerusan yang terjadi oleh aliran yang mengandung partikel kasar. Agar tidak terjadi penggerusan, maka kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah sekitar 2,5 - 3,0 m/detik. Perlu diingat pula bahwa penggerusan bisa disebabkan karena proses alam.

Selain syarat-syarat tersebut, faktor kekasaran saluran juga perlu diperhatikan dalam perencanaan saluran. Faktor kekasaran saluran (n) sesuai dengan sifat bahan saluran yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Faktor Kekasaran Saluran (n)

Jenis Saluran	n
Lapisan beton	0,015
Pasangan batu kali	0,025
Tanpa pengerasan (teratur)	0,03
Saluran alami (tidak teratur)	0,045

Sumber: Masduki (1988)

2.4 Teknologi Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah bertujuan untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi, koloid, dan bahan-bahan organik maupun anorganik yang terlarut (Siregar, 2005). Pengolahan air limbah secara umum terdiri dari pengolahan fisik, kimia, dan biologis yang dapat diaplikasikan secara bersamaan atau terpisah. Hal tersebut tergantung pada karakteristik air limbah yang akan diolah.

2.4.1 Pengolahan Fisik

Pengolahan fisik merupakan proses penghilangan benda-benda terapung kasar dan partikel-partikel mineral yang berat (pasir dan kerikil). Hal ini dilakukan untuk melindungi peralatan yang dipakai pada tahap pengolahan berikutnya dari kerusakan. Umumnya, proses ini akan menggunakan penyaring kasar (*screening*) dan bak pengumpul (Anindita, 2013).

A. Bar Screen

Screening berfungsi menyaring benda-benda padat dan kasar yang ikut terbawa dalam air buangan agar benda-benda tersebut tidak mengganggu aliran dalam saluran dan membahayakan atau merusak alat-alat (Gambar 2.4), misalnya pompa, valve dan lainnya, serta mengganggu proses pengolahan air buangan. Secara garis besar, jenis screen dapat dibedakan menjadi dua tipe berdasarkan perbedaan bukaan atau jarak antar bar atau batang screen, yaitu:

Peletakan screen biasanya adalah pada saluran pembawa, yang didesain dengan kriteria perencanaan dengan tinjauan aspek:

- Debit (Q)
- Saluran terbuat dari beton
- Lebar saluran (L)
- Kecepatan aliran dalam saluran

Kriteria desain penyaring kasar dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Faktor Desain Pembersihan *Bar Screen*

Kriteria	Pembersihan Manual	Pembersihan Mekanis
Lebar batang (w)	(5 – 15) mm	(5 – 15) mm
Kedalaman	(25 – 75) mm	(25 – 75) mm
Jarak antar batang (b)	(25 – 50) mm	(15 – 75) mm
Slope batang dari vertical	30° – 45°	0° – 30°
Kecepatan melalui rak (v)	(0,3 – 0,6) m/detik	(0,6 – 1,0) m/detik

Sumber: Metcalf dan Eddy (2003)

Tabel 2.4 Faktor Bentuk Bar (β)

Tipe Bar	β
<i>Sharp-edged rectangular</i>	2.42
<i>Rectangular with semicircular upstream face</i>	1.83
<i>Rectangular with semicircular upstream dan downstream faces</i>	1.67
<i>Circular</i>	1.79
<i>Tear shape</i>	0.76

Sumber: Qasim (1985)



Gambar 2.4 Penyaring Kasar (*Screening*)
Sumber: Anonim (2015)

B. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi sebagai penampung air limbah, menstabilkan debit limbah yang masuk dalam instalasi pengolahan akibat adanya variasi debit, dan menstabilkan konsentrasi air limbah yang akan masuk ke IPAL (Tchobanoglous, 2003). Bak ini dapat digunakan apabila pipa ujung saluran air buangan tidak terlalu dalam. Apabila terlalu dalam, maka harus dibuat sumur pengumpul terlebih dahulu sebelum masuk ke bak ekualisasi. Keuntungan yang didapat dari pemakaian bak ekualisasi adalah:

- Komposisi air buangan setelah bak ekualisasi menjadi lebih baik.
- Proses pengolahan biologis akan semakin baik karena kemungkinan terjadi penambahan beban secara ekstrim dapat diminimalkan.
- Kualitas efluen dan kemampuan pemadatan (*thickening*) meningkat disebabkan adanya beban padatan yang konstan.
- Pada pengolahan kimia, akan lebih menguntungkan karena pambubuhan bahan kimia akan menjadi lebih mudah dikontrol.

2.4.2 Pengolahan Kimia

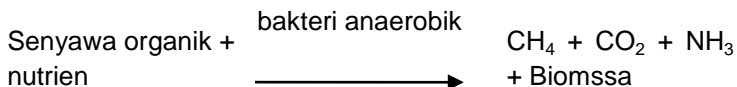
Pengolahan kimia pada air limbah merupakan pengolahan yang memanfaatkan reaksi-reaksi kimia untuk menurunkan kadar polutannya, sehingga karakteristik hasil pengolahan merupakan reaksi antara polutan dan bahan kimia yang digunakan (Woodard, 2006). Bentuk pengolahan air limbah secara kimia, antara lain koagulasi-flokulasi, pertukaran ion, dan khlorinasi.

2.4.3 Pengolahan Biologis

Pengolahan biologis memiliki tujuan utama untuk menghilangkan zat padat organik terlarut yang mudah terurai (*biodegradable*). Pengolahan tahap ini memanfaatkan kemampuan mikroorganisme untuk memisahkan kontaminan-kontaminan dalam air limbah. Menurut Tchobanoglous (1991) konsep dasar pengolahan biologis dapat dinyatakan bahwa pengolahan biologis meliputi:

1. Konversi bahan organik terlarut dan koloidal dalam air limbah menjadi serat-serat biologis dan menjadi produk akhir.
2. Pembuangan selanjutnya dari serat-serat sel, biasanya dengan cara pengendapan gravitasi.

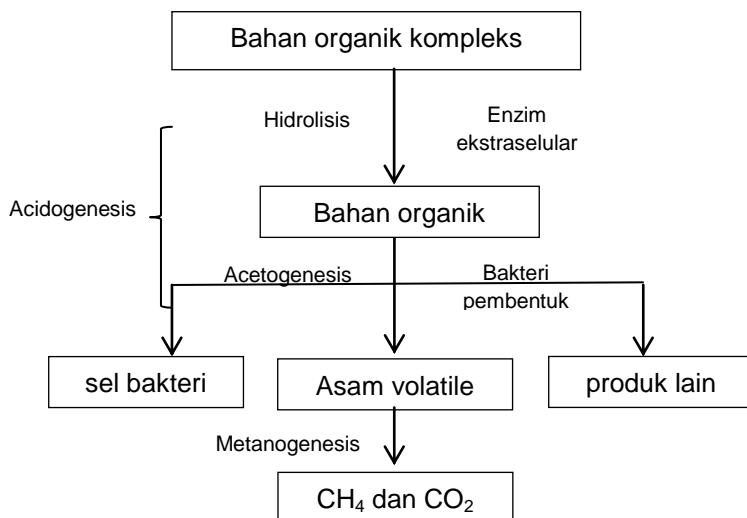
Konversi biologis dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan adanya oksigen), anaerobik (tanpa adanya oksigen) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Pengolahan biologis secara aerobik biasanya digunakan untuk beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD tinggi. Kelebihan dan kelemahan dari pengolahan biologis dalam keadaan anaerobik dapat dilihat pada Tabel 2.5. Degradasi senyawa organik dalam proses anaerobik dapat dilihat pada Gambar 2.5. Reaksi sederhana yang terjadi dalam proses anaerobik menurut Manurung (2004) adalah



Tabel 2.5 Kelebihan dan Kekurangan Proses Anaerobik

Kelebihan	Kekurangan
1. Kebutuhan energi rendah	1. Proses <i>start-up</i> dapat berjalan lama
2. Produksi lumpur sedikit	2. Kemungkinan memerlukan penambahan alkalinitas dan ion
3. Konsumsi nutrient rendah	3. Penyisihan nitrogen, fosfor dan pathogen ma-sih belum baik
4. Memproduksi metan yang dapat dijadikan sumber energi	4. Masih membutuhkan pengolahan lanjutan
5. Memerlukan volume reaktor yang kecil	5. Mikroorganisme anaerob memiliki kerentanan terhadap banyak senyawa
6. Sebagian besar senyawa organik dapat diubah dengan adanya aklimatisasi	6. Munculnya bau tidak sedap
7. Tahan terhadap beban organik tinggi	

Sumber: Metcalf dan Eddy (2003)



Gambar 2.5 Degradasi Senyawa Organik dalam Anaerob
Sumber: Benefield dan Randall (1980)

Berdasarkan Gambar 2.5 tahapan degradasi senyawa organik menjadi metan dijabarkan sebagai berikut.

A. Proses Hidrolisis

Tahap ini merupakan tahap awal, dimana bahan organik akan dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga dapat diurai oleh bakteri pada proses fermentasi.

B. Proses Asidogenesis

Pada proses ini bahan organik terlarut akan diubah menjadi asam organik rantai pendek, seperti asam asetat oleh bakteri asidogenesis.

C. Tahap Acetogenesis

Pada tahap ini, produksi yang dihasilkan pada proses asidogenesis akan mengalami proses oksidasi dalam tahap acetogenesis. Pada tahap ini, dihasilkan produk yang digunakan dalam tahap metanogenesis oleh bakteri metanogenik.

D. Metanogenesis

Pada tahap ini, mikroba menggunakan substrat sederhana berupa asetat atau komponen karbon tunggal. Gas metan yang terbentuk merupakan produksi dari konversi asam asetat menjadi karbondioksida dan metana oleh bakteri asetotropik, serta dari reduksi karbondioksida dengan hydrogen oleh organisme hidrogenotropik. Bakteri metanogen dalam pembentukan metan sangat sensitif terhadap perubahan pH, temperatur, *organic loading rate*, dan HRT.

Pengolahan biologis secara aerobik merupakan pengolahan yang memerlukan oksigen untuk berlangsungnya proses katabolisme senyawa organik. Pengolahan biologi pada kondisi aerobik merupakan pengolahan di mana oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup, sehingga oksigen berperan dalam akseptor elektron. Pengolahan air limbah secara aerobik terjadi dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menurunkan substrat tertentu terutama senyawa-senyawa organik *biodegradable* yang terdapat dalam air limbah (Pohan, 2008). Selain berdasarkan kondisi lingkungannya, pengolahan air limbah secara biologis diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu

pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*), pertumbuhan melekat (*attached growth*), dan kolam (Said, 2005).

2.4.3.1 Pertumbuhan Tersuspensi (*Suspended Growth*)

Pengolahan biologis dengan sistem pertumbuhan tersuspensi merupakan pengolahan dengan menggunakan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan polutan dalam air secara tersuspensi dalam suatu reaktor. Berikut beberapa unit pengolahan dengan sistem pertumbuhan tersuspensi.

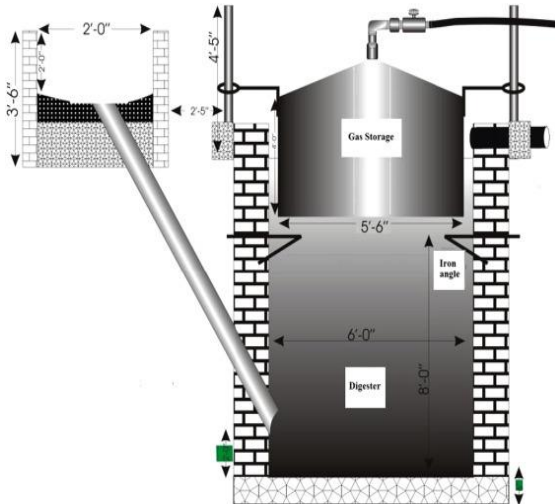
A. *Anaerobic Digester*

Anaerobic digester merupakan dekomposisi zat organik dan reduksi zat anorganik dalam lumpur dengan sistem pertumbuhan tersuspensi dalam keadaan tanpa oksigen serta menghasilkan gas (Gambar 2.6). Kriteria perencanaan *anaerobic digester* dapat dilihat pada Tabel 2.6. Kelebihan dari *anaerobic digester* adalah sebagai berikut:

- Dapat menyisihkan senyawa organik dalam air limbah
- Menghasilkan biogas yang dapat dijadikan energi
- Kebutuhan energi kecil karena sistem tidak memerlukan aerasi
- Tahan terhadap variasi beban organik jika dioperasikan dan dipelihara dengan baik.

Kekurangan dari *anaerobic digester* adalah sebagai berikut:

- Waktu *start up* lama
- Membutuhkan tenaga ahli desain dan konstruksi
- Membutuhkan tenaga yang handal dalam pengoperasian dan pemantauan
- Perlu pemantauan kadar organik dan solid secara rutin
- Perlunya pemantauan air limbah yang masuk



Gambar 2.6 Desain *Anaerobic Digester*
Sumber: Raheem dkk. (2016)

Tabel 2.6 Kriteria Desain *Anaerobic Digester*

Kriteria	Nilai	Sumber
%removal COD	30% - 70%	Polprasert (1989)
%removal BOD	30% - 70%	Polprasert (1989)
%removal TSS	50% - 65%	Qasim (1985)
Beban material organik (OLR)	(1 – 6) kgCOD/m ³ .hari	Polprasert (1989)
<i>Solid retention time (SRT)</i>	(10 – 60) hari	Polprasert (1989)
<i>Hydraulic retention time (HRT)</i>	(15 – 30) hari	Sasse (1998)

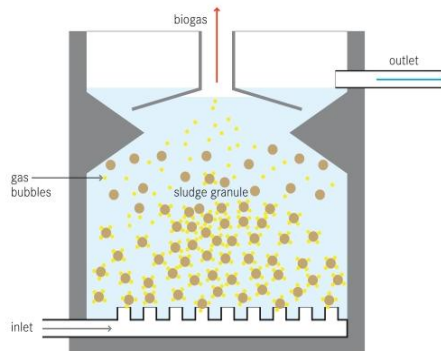
B. Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) adalah sebuah sistem di mana air limbah masuk ke dalam tangki anaerobik dengan aliran ke atas sehingga terjadi kontak antara air limbah dengan lumpur sehingga terbentuk lumpur endapan (Gambar 2.7).

Kriteria desain unit pengolahan UASB dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Pada unit ini terdapat perangkat pemisah tiga fase yang disebut GSL (*gas sludge liquid separator system*). GSL berfungsi sebagai pengumpul gas, memisahkan gas dan padatan, mengembalikan padatan ke zona lumpur, dan membantu meningkatkan penyisihan padatan. Kriteria dari GSL yang harus diperhatikan menurut Metcalf dan Eddy (2014) dan Duncan Mara adalah:

1. Kemiringan dinding penangkap gas antara 45° - 60°
2. Volume zona pengendapan sebesar 15% - 20% volume reaktor
3. Tinggi dari penangkap gas harus berkisar antara 1,5 m - 2m pada reaktor yang memiliki ketinggian 5 - 7 m.
4. Panjang baffle yang berada dibawah celah harus diantara 100 - 200 mm untuk menghindari masuknya gelembung gas pada kompartemen pengendap.
5. Diameter pipa pembuang gas harus cukup untuk menjamin penyisihan biogas dari penutup penangkap gas.



Gambar 2.7 *Cross-section of an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*

Sumber: Tilley dkk. (2008)

Tabel 2.7 Kriteria Desain UASB

Kriteria	Nilai	Sumber
%removal COD	80% - 90%	Tilley (2014)
%removal BOD	60% - 90%	Conradin dkk. (2010)
%removal TSS	60% - 85%	Conradin dkk. (2010)
<i>Hydraulic retention time (HRT)</i>	(4 – 8) jam	Metcalf dan Eddy (2014)
Beban material organik (OLR)	(5 – 15) kgCOD/m ³ .hari	Metcalf dan Eddy (2014)
Kecepatan alir (Vup)	(0,8 – 1,25) m/jam	Metcalf dan Eddy (2014)

Keuntungan dan kerugian dari unit UASB menurut Tilley, dkk (2014) adalah sebagai berikut.

a. Keuntungan UASB:

- Penyisihan BOD dan COD tinggi
- Dapat menahan beban organik dan beban hidraulik yang tinggi
- Produksi lumpur rendah
- Menghasilkan biogas yang dapat dijadikan energi
- Kebutuhan energi kecil karena sistem tidak memerlukan aerasi
- Lahan yang dibutuhkan kecil

b. Kerugian UASB:

- Pengolahan dapat terganggu dengan variasi debit
- Waktu *start up* lama
- Membutuhkan tenaga ahli desain dan konstruksi
- Tidak sesuai untuk daerah dingin

Dalam merencanakan unit UASB, hal utama yang perlu diperhatikan adalah laju air (Vup). Pada kondisi laju ar tinggi akan terjadi *washed out* untuk lumpur ringan dan lumpur berat akan tertahan. Pada laju alir rendah, pertumbuhan biomassa akan membentuk suatu jenis *bulk* dari lumpur.

2.4.3.2 Pertumbuhan Melekat (*Attached Growth*)

Pengolahan biologis dengan sistem pertumbuhan melekat adalah pengolahan limbah di mana mikroorganisme yang digunakan dibakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media yang disebut dengan proses biofilm. Berikut merupakan contoh pengolahan biologis dengan pertumbuhan melekat.

A. *Anaerobik Filter* (AF)

Anaerobik Filter (AF) merupakan jenis pengolahan limbah secara biologis dengan menggunakan sistem media biofilm sebagai penerapan media lekat (*attached growth*) bagi biomassa. Media lekat pada sistem ini berfungsi menyisihkan padatan tersuspensi maupun terlarut (Morel dan Diener, 2006). Prinsip kerja AF yaitu dengan mengalirkan air limbah ke bawah sehingga melewati lumpur yang menyebabkan terjadinya kontak dengan biomassa.

Pada AF, kontak dengan biomassa dapat terjadi pula ketika air limbah melewati media biofilter. Media biofilter berfungsi sebagai area tambahan baik bakteri untuk mengendap (Sasse, 1998). Pemilihan media filter sangat penting dilakukan karena merupakan tempat tumbuh dan melekatnya mikroorganisme. Bahan yang ringan, tahan karat, memiliki luas permukaan spesifik yang besar dan rasio volume rongga (*voids*) yang besar adalah beberapa kriteria pemilihan media filter yang umum digunakan (Said, 2007). Salah satu media yang digunakan dapat berupa media sarang tawon yang dapat dilihat pada Gambar 2.8. Selain sarang tawon berbahan plastik, media biofilter yang dapat digunakan adalah kerikil dan *bioball*. Pemilihan media biofilter pada pengolahan ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan luas permukaan spesifik yang dapat dilihat pada Tabel 2.8. Gambar AF dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan kriteria desain dari unit *Anaerobik Filter* (AF) dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.8 Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter

Media	Luas Permukaan Spesifik (m^2/m^3)	Porositas
Batu kerikil	100 – 200	50%
Sarang tawon	150 – 240	98%
Bioball	200 – 240	95%

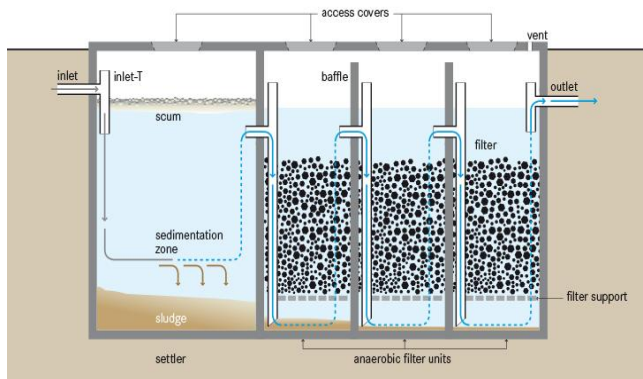
Sumber: Said (2007)

Tabel 2.9 Kriteria Desain Bangunan AF

Kriteria	Satuan	Nilai	Sumber
<i>Hydraulic retention time (HRT)</i>	jam	24 - 48	Sasse (2009)
Beban organik (OLR)	$\text{kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$	<4,5	Sasse (2009)
v up	m/jam	< 2	Sasse (2009)
Efisiensi Removal BOD	-	70%-90%	Morel & Diener (2006)
Efisiensi Removal TSS	-	50% - 80%	Morel & Diener (2006)
Efisiensi Removal COD	-	60% - 95%	Qasim (1985); Harbert dan Chui (1994)

**Gambar 2.8** Media Sarang Tawon

Sumber: Razif dan Bilal (2014)



Gambar 2.9 Penampang Membujur Unit AF
Sumber: Tilley dkk. (2014)

Dalam pengoperasiannya, *Anaerobik Filter* (AF) memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan menurut Morel dan Diener (2006) dari unit bangunan *Anaerobik Filter* (AF) antara lain:

- Tahan terhadap lonjakan beban organik maupun hidrolis
- Produksi lumpur rendah
- Tidak membutuhkan energi listrik
- Masa operasi panjang
- Dapat diperbaiki dengan bahan material lokal

Kekurangan dari unit bangunan *Anaerobik Filter* (AF) menurut Morel dan Diener (2006) antara lain:

- Tingkat reduksi rendah untuk patogen, organik, dan perlu adanya pengolahan lanjutan.
- Waktu pengurusan lebih rutin
- Membutuhkan pembersihan mekanik
- Start up cukup lama

B. Aerobic Filter

Aerobic filter merupakan salah satu sistem pengolahan biologis dengan proses *attached growth* dengan memanfaatkan mikroorganisme yang

menempel pada media untuk membentuk lapisan film yang dapat menguraikan mikroorganisme (Metcalf dan Eddy, 2003). Jenis media yang dapat digunakan pada *aerobic filter* sama dengan media pada *anaerobic filter*. Perbedaan antara *aerobic filter* dan *anaerobic filter* adalah pada *aerobic filter* memerlukan *supply* oksigen dalam pengolahannya. Kriteria desain *aerobic filter* dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Kriteria Desain Bangunan *Aerobic Filter*

Kriteria	Satuan	Nilai	Sumber
<i>Hydraulic retention time (HRT)</i>	jam	5 – 8	Sasse (1998)
Beban organik	kgBOD/m ³ . hari	5 – 30	Sasse (1998)
v up	m/jam	< 2	Sasse (1998)
Efisiensi Removal BOD	-	75%-95%	Zahra dan Purwati (2015)
Efisiensi Removal TSS	-	80% 95%	- Zahra dan Purwati (2015)
Efisiensi Removal COD	-	50% 90%	- Zahra dan Purwati (2015)

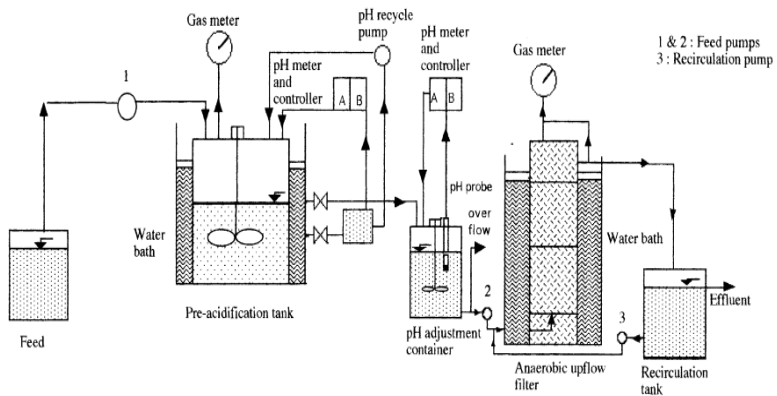
2.4.3.3 *Lagoon* atau Kolam

Pengolahan biologis dengan kolam merupakan pengolahan dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme yang tumbuh secara alami untuk menguraikan polutan dalam air. Pengolahan dengan sistem ini membutuhkan lahan yang luas untuk mendapat waktu tinggal yang cukup lama atau dapat dilakukan dengan aerasi untuk memperpendek waktu tinggal. Proses ini terkadang dikategorikan sebagai pengolahan biologis dengan pertumbuhan tersuspensi.

2.5 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ince (1998), pengolahan air limbah sapi perah dengan menggunakan sistem *Two-Phase Anaerobic Digestion* (TSAD) mampu

mereduksi COD sebesar 90% dan BOD sebesar 95% pada OLR 5 kgCOD/m³.hari dan HRT 2 hari. Karakteristik air limbah yang digunakan pada penelitian tersebut adalah COD sebesar 2.000 mg/L – 6.000 mg/L dan BOD₅ 1.200 mg/L – 4.000 mg/L. Sistem *Two-Phase Anaerobic Digestion* (TSAD) merupakan sistem yang terdiri dari *anaerobic digester* tercampur sebagai reaktor *pre-acidification* dan *upflow anaerobic filter* sebagai reaktor *methanogenic* (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Desain *Two Phase Anaerobic Digestion System*
Sumber: Ince (1998)

Terdapat pula *anaerobic digester* dengan tipe lain yang digunakan dalam mengolah air limbah peternakan dan industri tahu. *Anaerobic Digester* dengan tipe *completely stirred tank reactor* (CSTR) biasanya digunakan untuk limbah terkonsentrasi, terutama yang mengandung padatan tersuspensi dan COD yang lebih dari 30.000 mg/L (Fielden, 1983). *Organic loading rate* (OLR) pada CSTR adalah 1 – 4 kg/m³.hari dan kapasitas digester sebesar 500 – 700 m³ (Sahm, 1984).

Chen dan Shyu (1996) melakukan penelitian terhadap kemampuan *upflow* anaerobik filter, UASB, ABR, dan CSTR dalam pengolahan air limbah sapi perah. Penelitian tersebut menyatakan bahwa pengolahan dengan *upflow anaerobic sludge*

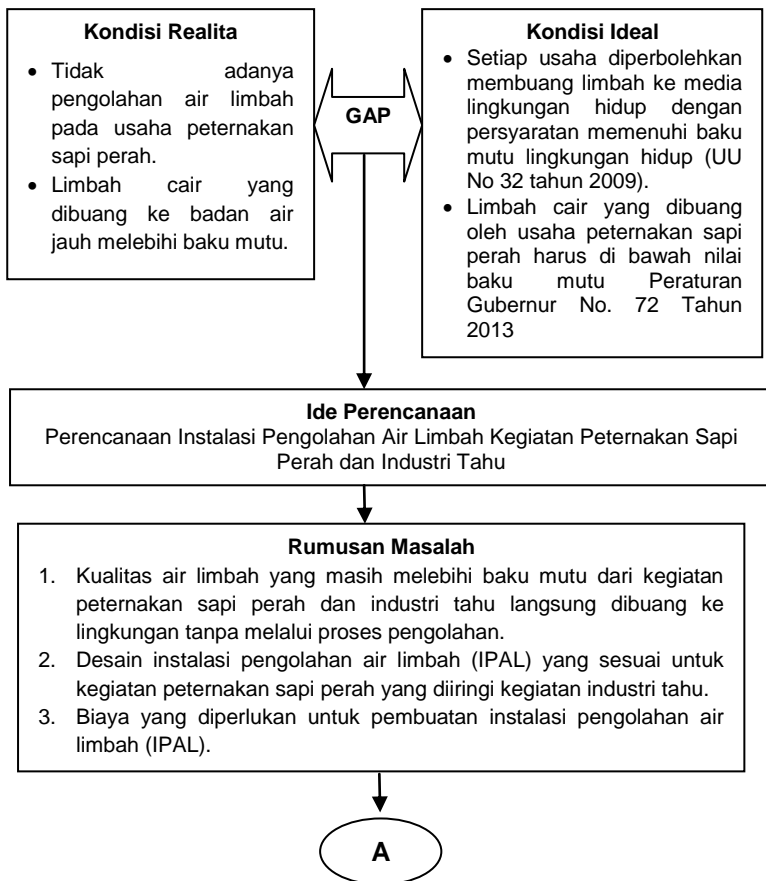
blanket (UASB) diketahui penyisihan COD sebesar 60% - 70% pada HRT 4 – 6 hari.

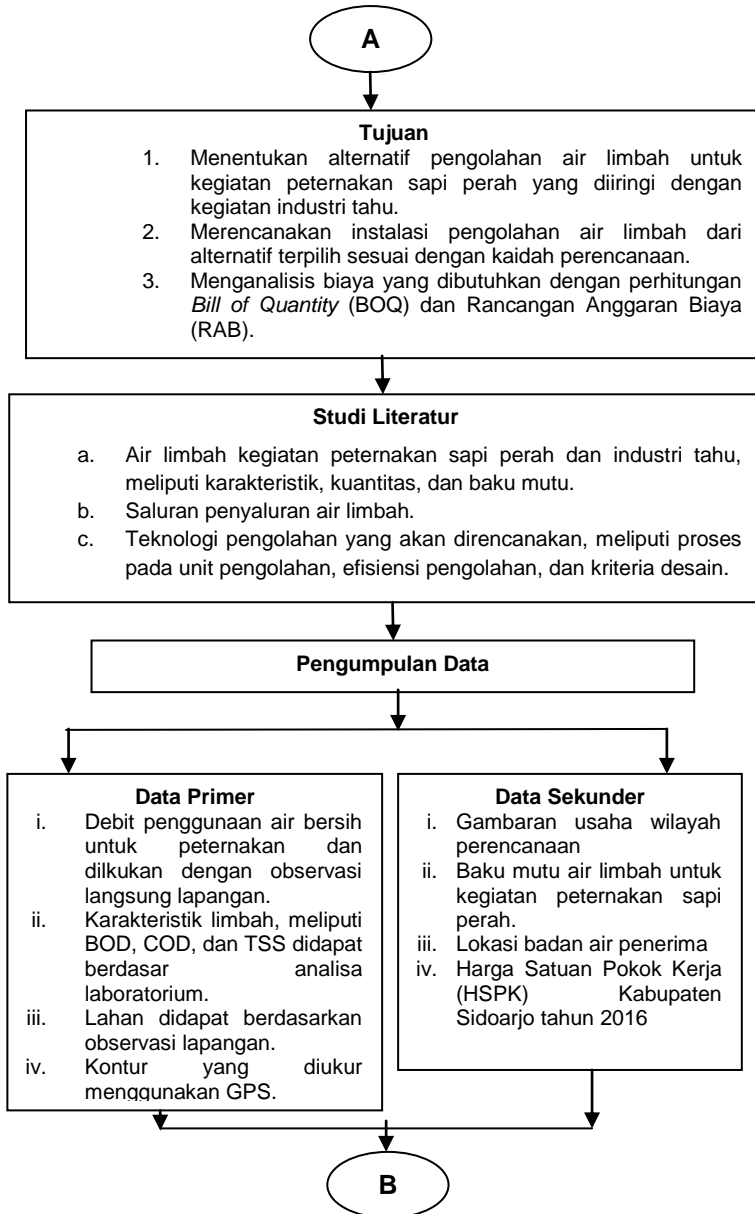
Pengolahan limbah peternakan juga dapat dilakukan dengan *aerobic filter*. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan Ruane dkk. (2011) *aerobic filter* dapat mereduksi komponen organik dan padatan tersuspensi. Pada penelitian tersebut, media yang digunakan dalam *aerobic filter* adalah *woodchip*. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa reduksi COD dan TSS yang dicapai dengan *aerobic woodchip filter* sebesar 66% dan 86%.

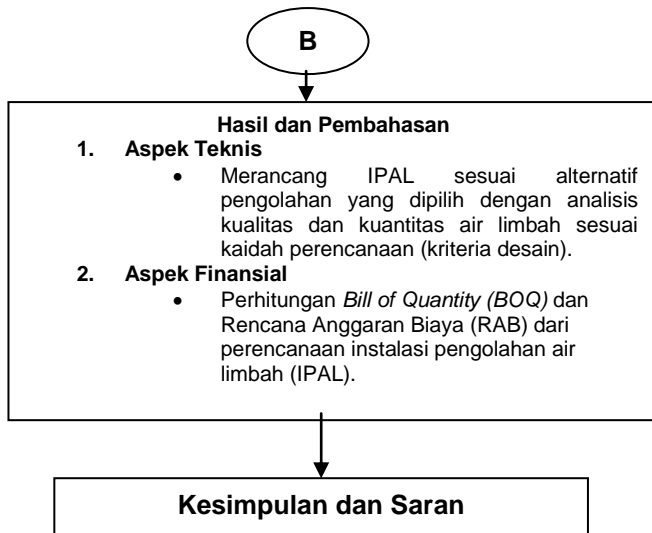
BAB 3 METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan alur pikir dalam melaksanakan tugas akhir perencanaan. Pada kerangka perencanaan didapatkan dasar pemikiran dari tugas akhir yang dilanjutkan dengan tahapan-tahapan perencanaan. Kerangka perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1.







Gambar 3.1 Kerangka Perencanaan

3.2 Tahapan Perencanaan

Berdasarkan kerangka perencanaan, maka tahapan kegiatan perencanaan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Ide Perencanaan

Ide perencanaan instalasi pengolahan air limbah kegiatan peternakan sapi perah ini bermula dari kondisi realita. Kondisi realita yang terjadi adalah tidak adanya pengolahan air limbah pada usaha peternakan sapi perah, sehingga limbah cair yang dibuang ke badan air jauh melebihi baku mutu.

2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang timbul adalah tidak sesuainya kondisi realita dengan kondisi ideal yang seharusnya. Idealnya, setiap usaha diperbolehkan membuang limbah ke media lingkungan hidup dengan persyaratan memenuhi baku mutu lingkungan hidup (UU No 32 tahun 2009). Pada kondisi realita, air limbah dari usaha ternak masih melebihi baku mutu saat dibuang ke badan air. Oleh karena itu, diperlukan desain instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang sesuai dengan kualitas dan kuantitas kegiatan peternakan sapi perah, serta memperhatikan efektifitas dan aspek ekonomi.

3. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan teori, kriteria desain, dan rumus-rumus yang mendukung perencanaan ini. Studi literatur tersebut didapatkan dari berbagai sumber seperti *textbook*, jurnal penelitian, internet, artikel, dan sebagainya. Hal tersebut menjadi dasar dalam pelaksanaan dan pembahasan hingga penarikan kesimpulan dalam perencanaan. Literatur yang diperlukan dalam melaksanakan pelaksanaan antara lain:

- a. Air limbah kegiatan peternakan sapi perah, meliputi karakteristik, kuantitas, dan baku mutu.
- b. Saluran penyalur air limbah.

- c. Teknologi pengolahan yang akan direncanakan, meliputi proses pada unit pengolahan, efisiensi pengolahan, dan kriteria desain.
4. Pengumpulan Data
- Berkaitan dengan perencanaan yang akan dilakukan, diperlukan data-data yang mendukung baik data primer maupun sekunder. Data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut.
- A. Data primer
- Data primer merupakan data yang didapatkan melalui observasi lapangan secara langsung. Berikut adalah data primer yang diperlukan dalam melakukan perencanaan IPAL kegiatan peternakan sapi.
- i. Debit penggunaan air bersih untuk peternakan dan produksi tahu dilakukan pengukuran langsung lapangan dengan menampung air pada wadah dengan volume tertentu dan diperhatikan waktu penampungan.
 - ii. Karakteristik limbah, meliputi BOD, COD, dan TSS didapat berdasar analisa laboratorium dengan metode uji yang dapat dilihat pada Tabel 3.1. Data karakteristik air limbah dalam perencanaan sesuai dengan hasil *sampling* yang dilakukan sebanyak tiga kali pada tiga hari berbeda untuk air limbah peternakan maupun tahu. Pengambilan sampel selama tiga hari dianggap dapat mewakili karakteristik air limbah pada objek perencanaan. Lokasi pengambilan sampel terdapat pada ujung saluran air limbah ternak dan tahu.
 - iii. Lahan yang tersedia didapat berdasarkan observasi lapangan dengan pengukuran langsung menggunakan *roll meter*.
 - iv. Kontur yang diukur menggunakan GPS.

Tabel 3.1 Metode Uji Karakteristik Limbah

No	Parameter	Satuan	Acuan Metode
1	BOD ₅	mg/L	Winkler
2	COD	mg/L	Refluks dan titimetri
3	TSS	mg/L	Gravimetri

Sumber: Standard Method (2005)

B. Data Sekunder

Data sekunder dibutuhkan sebagai pelengkap data dalam perencanaan di luar data – data yang didapatkan melalui observasi lapangan secara langsung. Data sekunder yang diperlukan dalam perencanaan ini adalah:

- i. Gambaran umum usaha wilayah perencanaan.
- ii. Baku mutu air limbah untuk kegiatan peternakan sapi perah.
- iii. Lokasi badan air penerima.
- iv. Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK) Kabupaten Sidoarjo tahun 2016.

5. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dilakukan dengan cakupan dua aspek, yaitu aspek teknis dan aspek finansial. Pembahasan yang dilakukan dalam perencanaan ini adalah:

A. Perencanaan sistem penyaluran air limbah untuk menyalurkan antara saluran air limbah tahu dan setiap kandang sapi dengan menyesuaikan saluran air limbah yang telah ada pada wilayah perencanaan.

B. Merencanakan alternatif-alternatif pengolahan yang sesuai untuk kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu dan memilih satu pengolahan yang paling tepat dengan memperhatikan:

- i. Efisiensi *removal* berdasarkan karakteristik air limbah yang telah diketahui untuk mengetahui hasil pengolahan air limbah dari setiap alternatif

- pengolahan dan dipilih pengolahan yang memenuhi baku mutu.
- ii. *Preliminary desain* berdasarkan debit air limbah yang akan diolah untuk mengetahui luas lahan dari setiap alternatif pengolahan dan dipilih alternatif dengan luas lahan yang paling kecil.
- C. Perhitungan secara rinci alternatif pengolahan terpilih sesuai kriteria desain. Kriteria desain utama yang diperhatikan pada perencanaan ini adalah:
- *Organic Loading Rate (OLR)*
OLR merupakan beban material organik yang masuk per volume per harinya. OLR perlu diperhatikan agar didapatkan kinerja optimum dengan pembentukan biomassa pada pengolahan. Berdasarkan kriteria yang digunakan, beban organik yang digunakan adalah COD karena nilai COD mencakup seluruh material organik dan anorganik dalam air limbah.
 - *Hydraulic Retention Time (HRT)*
Nilai HRT berpengaruh pada efisiensi penyisihan polutan (Schuner dkk., 2009). HRT yang tidak sesuai dapat mengakibatkan terjadinya laju pertumbuhan bakteri yang tidak cukup untuk menghilangkan polutan dan memperpendek kontak air limbah dengan bakteri. Perbaikan proses hidrolisis senyawa organik dan pembentukan lumpur anaerob yang lebih stabil juga dapat dilakukan dengan menambah waktu kontak antara limbah dan mikroorganisme (Pillay dkk., 2006).
 - Kecepatan aliran
Kecepatan perlu diperhatikan untuk mengurangi kemungkinan *wash out*. Kemungkinan tersebut berhubungan pertumbuhan biomassa dalam reaktor yang mempengaruhi efisiensi unit pengolahan.
- D. Perhitungan yang dilakukan meliputi *Bill of Quantity (BOQ)* dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari

alternatif perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) terpilih sesuai HSPK Kabupaten Sidoarjo 2016.

6. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan didapatkan kesimpulan yang merupakan hasil akhir dari analisis data dan pembahasan. Pada kesimpulan didapatkan jawaban atas tujuan perencanaan, meliputi pengolahan yang tepat untuk limbah peternakan, perencanaan yang sesuai dengan kaidah perencanaan, dan banyaknya biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan instalasi pengolahan. Berdasarkan kesimpulan tersebut dapat digunakan saran yang diharapkan dapat dijadikan pertimbangan dan masukan untuk pengolahan air limbah kegiatan peternakan sapi perah dengan industri tahu.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Debit dan Kualitas Air Limbah

4.1.1 Debit Air Limbah

Debit air limbah pada perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) ini terdiri dari debit air limbah dari kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu. Debit air limbah dari kegiatan peternakan sapi perah dilakukan dengan pengukuran secara langsung air bersih yang digunakan. Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan peternakan sapi perah adalah 100% air bersih. Pengukuran dilakukan selama lima hari pada jam kerja. Debit air limbah yang didapatkan untuk kegiatan peternakan sapi sebesar 302,40 m³/hari. Debit tersebut adalah debit dari jam kerja yang berlangsung selama 2 x 4 jam, yaitu pada pukul 6.00 hingga 10.00 dan 13.00 hingga 17.00.

Pada kegiatan industri tahu, air limbah yang digunakan dalam perencanaan IPAL berasal dari perendaman dan pencucian kedelai. Debit didapat dari kapasitas pompa air bersih yang digunakan yaitu sebesar 360 m³/hari untuk jam kerja yang dimulai pukul 08.00 – 16.00. Debit air limbah yang akan masuk ke dalam pengolahan sebesar ±15% air limbah (Kusumawati dkk. 2011). Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri tahu sebesar 43,2 m³/hari. Total air limbah yang diolah dalam IPAL adalah 345,6 m³/hari.

4.1.2 Kualitas Air Limbah

Data kualitas air limbah merupakan data primer dari proses *sampling* air limbah pada peternakan sapi perah dan industri tahu yang dilanjutkan dengan analisis laboratorium. Pengambilan sampel air limbah dilakukan tiga kali pada hari yang berbeda. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 4.1. Karakteristik air limbah kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Karakteristik Air Limbah

Pengambilan Sampel	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)
Ternak			
I	1603,68	3305,085	2110
II	1061,65	4212,77	680
III	2150,38	4885,2	720
Rata-rata	1605,237	4134,352	1170
Tahu			
I	4167,63	6406,78	150
II	392,3	2170,213	370
III	2601,25	4035,6	200
Rata-rata	2387,06	4204,20	240

Karakteristik air limbah yang digunakan dalam perencananan adalah rata-rata dari hasil analisis yang dilakukan kemudian dihitung kesetimbangan massa untuk mendapat karakteristik campuran industri tahu dan peternakan sapi perah. Kualitas air limbah dan baku mutu yang digunakan sebagai acuan perencanaan dapat dilihat pada Tabel 4.2. Pada perencanaan ini baku mutu mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 untuk kegiatan industri tahu.

Tabel 4.2 Karakteristik Air Limbah Campuran

Parameter	Konsentrasi Air Limbah	Baku Mutu
BOD₅	1702,97 mg/L	150 mg/L
COD	4143,08 mg/L	300 mg/L
TSS	1053,75 mg/L	100 mg/L
pH	8	6 - 9
Debit (Q)	345,6 m ³ /hari	



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN BAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Layout dan Lokasi Sampling

LEGENDA

- Saluran Rancangan
- Saluran Eksisting
- Beda Air
- Lokasi Sampling Ternak
- Lokasi Sampling Tahu

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 1250

NO. GAMBAR

Gambar 4.1

MATA ANGIN



4.2 Alternatif Pengolahan

Berdasarkan karakteristik air limbah yang telah didapat, maka pengolahan yang dapat digunakan adalah pengolahan biologis. Pengolahan biologis dipilih melihat rasio BOD/COD air limbah sebesar 0,4. Menurut Moertinah (2010), rasio tersebut merupakan air limbah bersifat mudah terurai (*biodegradable*). Melihat nilai BOD sebesar 1.702,97 mg/L maka pengolahan biologis dalam kondisi anaerobik lebih sesuai. Menurut Sulaeman (2009), pengolahan secara anaerobik dengan beban BOD yang tinggi (>400 mg/L) lebih sesuai karena pengolahan menjadi lebih ekonomis.

Teknologi pengolahan air limbah yang dijadikan alternatif pada perencanaan ini adalah *anaerobic digester*, *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB), dan kombinasi *anaerobic-aerobic filter*. Alternatif pengolahan dibedakan pada pengolahan awal, yaitu antara *anaerobic digester* dan *upflow anaerobic sludge digester* (UASB) yang dilanjutkan dengan kombinasi *anaerobic-aerobic filter*. Unit-unit pengolahan tersebut merupakan unit pengolahan yang sesuai untuk air limbah dengan beban organik yang tinggi dan telah banyak diaplikasikan. Perbedaan antara kedua alternatif adalah unit pengolahan pertama, yaitu UASB dan *anaerobic digester* yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perbedaan *Anaerobic Digester* dan UASB

Anaerobic Digester (fixed dome)	UASB
<ul style="list-style-type: none">• Pengolahan anaerobik kategori <i>low rate</i>• Tahan terhadap variasi beban organik jika dioperasikan dengan baik• Membutuhkan lahan yang luas• Membutuhkan tenaga pengoperasian dengan skill khusus• Perlunya pemantauan air limbah yang masuk, seperti kadar solid	<ul style="list-style-type: none">• Pengolahan anaerobik kategori <i>high rate</i>• Dapat menahan beban organik yang tinggi• Membutuhkan lahan kecil• Dapat terganggu dengan variasi beban• Membutuhkan tenaga pengoperasian untuk memantau kinerja pompa

Anaerobic filter dipilih sebagai pengolahan lanjutan dari unit pertama karena efisiensi penyisihan polutan tinggi. Unit *anaerobic filter* akan dikombinasikan dengan *aerobic filter* untuk

membantu menghilangkan sisa polutan organik dan bau (Said, 2005). Pemilihan pengolahan untuk perencanaan ini didasarkan penyisihan polutan, kebutuhan lahan, serta operasi dan perawatan.

4.2.1 Alternatif Pengolahan 1

Alternatif pengolahan 1 diawali dengan unit pengolahan anaerobik digester dengan jenis fixed dome. Dilanjutkan dengan kombinasi anaerobik–aerobik filter.

A. Efisiensi Penyisihan Polutan

Hal pertama yang dijadikan pertimbangan dalam pemilihan unit pengolahan adalah kemampuan mereduksi polutan berdasarkan efisiensi penyisihan. Efisiensi penyisihan unit anaerobik digester dihitung berdasarkan kinetika orde 1, yaitu:

Diketahui:

T	= 30°C
HRT	= 10 hari
[BOD _{in}]	= 1.702,96 mg/L
[COD _{in}]	= 4.143,08 mg/L
[TSS _{in}]	= 1.053,75 mg/L
K ₂₀	= 0,23 /hari (Metcalf dan Eddy, 2014)
θ	= 1,06 (Eckenfelder, 2000)

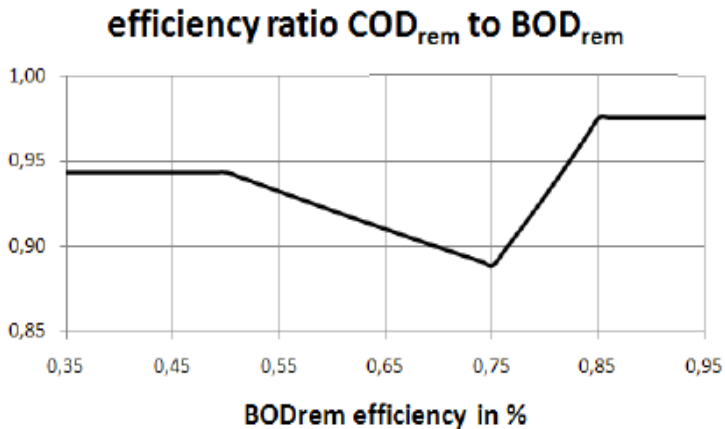
Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 k &= K_{20} \times (\theta)^{T-20} \\
 &= 0,23 \text{ /hari} \times (1,06)^{30-20} \\
 &= 0,412 \text{ /hari} \\
 Se &= \frac{[BOD_{in}]}{1+(HRT \times k)} \\
 &= \frac{1.702,96}{1+(10 \times 0,412)} \\
 &= 332,679 \text{ mg/L} \\
 \%RBOD &= \frac{So - Se}{So} \times 100\% \\
 &= \frac{1.702,96 \text{ mg/L} - 332,679 \text{ mg/L}}{1.702,96 \text{ mg/L}} \times 100\% \\
 &= 80,46\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan efisiensi penyisihan BOD dapat diperoleh efisiensi penyisihan COD. Efisiensi penyisihan COD diperoleh dengan mengetahui faktor

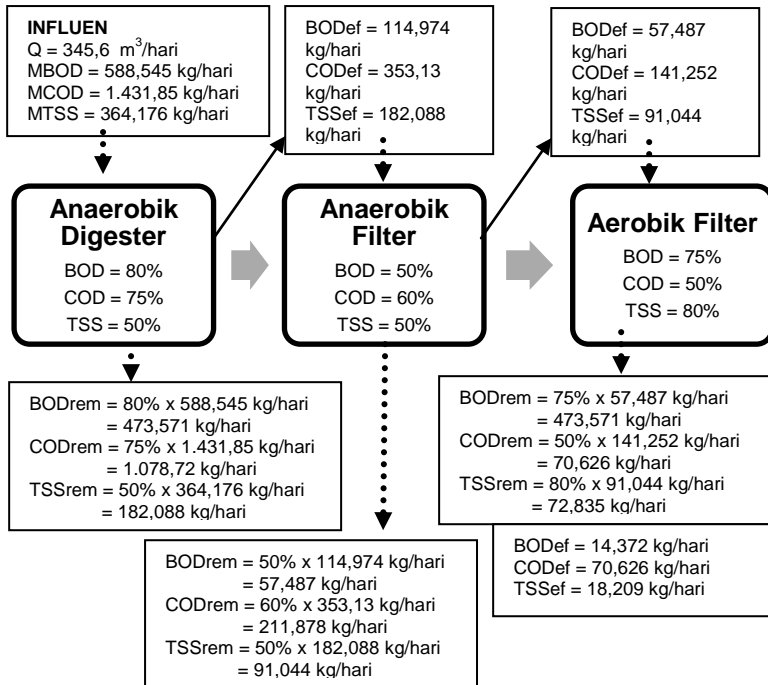
COD/BOD_{rem} berdasarkan efisiensi penyisihan BOD sesuai Gambar 4.2. Faktor COD/BOD_{rem} (f-COD/BOD_{rem}) yang didapatkan adalah 0,9363

$$\begin{aligned}\%RCOD &= \%RBOD \times f\text{-}COD/BOD_{rem} \\ &= 80\% \times 0,9363 \\ &= 75,3\%\end{aligned}$$



Gambar 4.2 Hubungan Rasio Penyisihan COD dengan BOD
Sumber: Sasse (1998)

Efisiensi penyisihan polutan untuk unit anaerobik filter dan aerobik filter didasarkan pada kriteria desain. Nilai yang digunakan adalah nilai terkecil karena dianggap sebagai angka aman dalam merencanakan pengolahan. Diagram alir alternatif pengolahan 1 disertai kesetimbangan massa dapat dilihat pada Gambar 4.3. Penyisihan polutan tiap unit pengolahan berdasarkan konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.



Gambar 4.3 Diagram Alir Alternatif Pengolahan 1

Tabel 4.4 Penyisihan Polutan Alternatif Pengolahan1

Param eter	Konsent rasi	<i>Anaerobic Digester</i>		<i>Anaerobic Filter</i>		<i>Aerobic Filter</i>	
	Influen (mg/L)	%R	Efluen (mg/L)	%R	Efluen (mg/L)	%R	Efluen (mg/L)
BOD₅	1702,97	80%	332,679	50%	166,339	75%	41,585
COD	4143,08	75%	1.021,789	60%	408,716	50%	204,358
TSS	1053,75	50%	526,875	50%	263,438	50%	52,688

B. Preliminary Sizing

Preliminary sizing merupakan langkah untuk mengetahui luas lahan yang dibutuhkan untuk pengolahan yang akan direncanakan. Pada alternatif

pengolahan 1 perhitungan *preliminary sizing* dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kebutuhan Luas Lahan Alternatif Pengolahan 1

Unit	Q	Jumlah Unit	Q tiap bak (m³/hari)	Td	H (m)	As (m²)	As Total (m²)
Anaerobic Digester	345,6 m³/hari	1	345,6	10 hari	6	576	576
Anaerobic Filter		2	172,8	1 hari	3	57,6	115,2
Aerobic Filter		2	172,8	7 jam	3	16,80	33,60
TOTAL LAHAN							724,8 m²

4.2.2 Alternatif Pengolahan 2

Alternatif pengolahan 2 diawali dengan unit pengolahan *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB). Dilanjutkan dengan kombinasi anaerobik–aerobik filter.

A. Efisiensi Penyisihan Polutan

Waktu detensi atau *hydraulic retention time* (HRT) unit UASB adalah 10 hari sama dengan anaerobik digester. Hal ini dikarenakan HRT digunakan sebagai pembanding dalam perhitungan efisiensi penyisihan dan kebutuhan luas lahan. Efisiensi penyisihan unit UASB dihitung berdasarkan Chernicharo (2007) dan van Haandel dkk. (2006), yaitu:

Diketahui:

HRT = 10 hari = 240 jam

[BOD_{in}] = 1.702,96 mg/L

[COD_{in}] = 4.143,08 mg/L

[TSS_{in}] = 1.053,75 mg/L

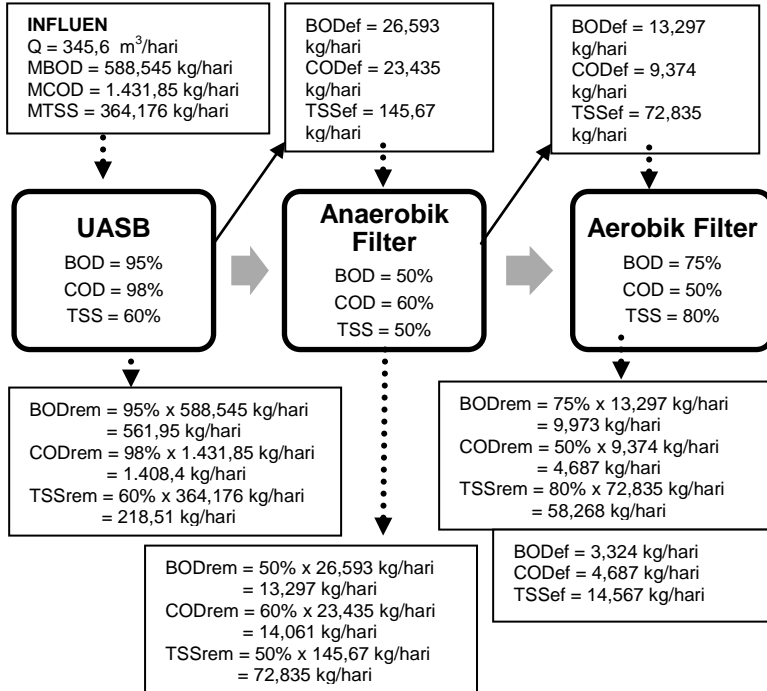
Perhitungan:

$$\begin{aligned}\% \text{RCOD} &= 100 \times (1 - 0,68 \times t^{-0,68}) \\ &= 100\% \times (1 - 0,68 \times 240^{-0,68}) \\ &= 98,36\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{RBOD} &= 100\% \times (1 - 0,7 \times t^{-0,5}) \\ &= 100\% \times (1 - 0,7 \times 240^{0,5}) \\ &= 95,48\%\end{aligned}$$

Efisiensi penyisihan polutan untuk unit anaerobik filter dan aerobik filter sama dengan alternatif

pengolahan 1. Diagram alir alternatif pengolahan 2 disertai kesetimbangan massa dapat dilihat pada Gambar 4.4. Penyisihan polutan tiap unit pengolahan berdasarkan konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 4.6.



Gambar 4.4 Diagram Alir Alternatif Pengolahan 2

Tabel 4.6 Penyisihan Polutan Alternatif Pengolahan 2

Param eter	Konsent rasi		UASB		Anaerobic Filter		Aerobic Filter	
	Influen (mg/L)	%R	Efluen (mg/L)	%R	Efluen (mg/L)	%R	Efluen (mg/L)	%R
BOD₅	1702,97	95%	76,948	50%	38,474	75%	9,619	
COD	4143,08	98%	67,809	60%	27,124	50%	13,562	
TSS	1053,75	60%	421,5	50%	210,75	50%	42,150	

B. Preliminary Sizing

Pada alternatif pengolahan 2 perhitungan *preliminary sizing* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kebutuhan Luas Lahan Alternatif Pengolahan 2

Unit	Q (m ³ /hari)	Juml ah Unit	Q tiap bak (m ³ /hari)	Td	H (m)	As (m ²)	As Total (m ²)
Bak Ekualisasi	345,6	1	345,6	10 jam	4	39,6	34,9
UASB		1	345,6	10 hari	6	576	576
Anaerobic Filter		2	172,8	1 hari	3	57,60	115,20
Aerobic Filter		2	172,8	7 jam	3	16,80	33,60
TOTAL LAHAN							759,72 m ²

4.2.3 Pemilihan Alternatif Pengolahan

Berdasarkan perhitungan penyisihan polutan dapat dilihat bahwa hasil pengolahan kedua alternatif memenuhi baku mutu. Pada waktu detensi pengolahan 10 hari untuk unit pengolahan pertama dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan UASB lebih tinggi dibanding anaerobik digester. Hasil perhitungan menunjukkan alternatif pengolahan 2 memiliki nilai efluen yang lebih kecil dibanding dengan pengolahan 1.

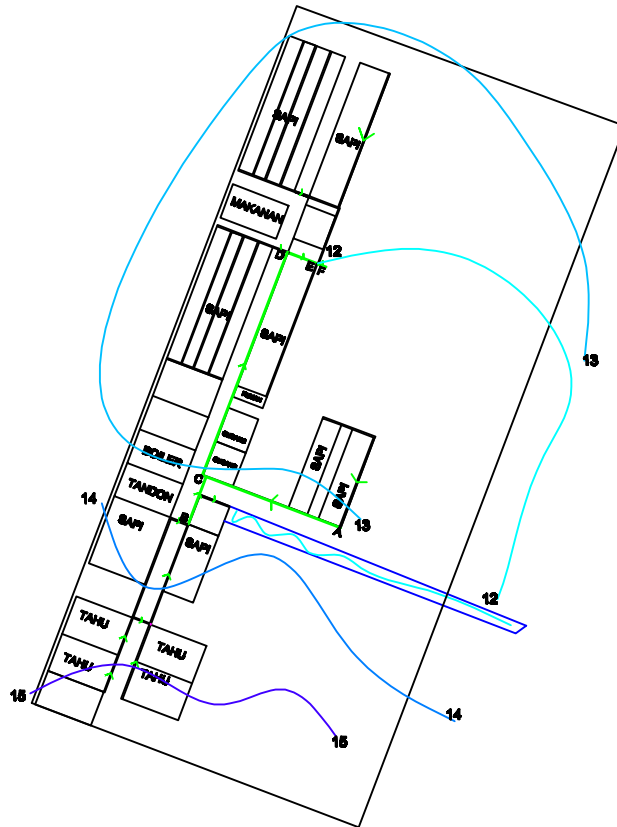
Pengolahan pada alternatif dua membutuhkan bak ekualisasi dikarenakan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu hanya selama 10 jam per hari. Bak ekualisasi digunakan pada pengolahan kedua mengingat UASB sensitif terhadap fluktuasi debit. Adanya penambahan unit bak ekualisasi pada alternatif pengolahan 2 menyebabkan luas lahan menjadi bertambah luas. Pada digester anaerobik tidak direncanakan bak ekualisasi karena tahan dengan fluktuasi debit dan *shock loading* apabila pengoperasian serta perawatan berjalan baik. Berdasarkan perhitungan *preliminary sizing* dapat dilihat bahwa luas lahan alternatif pengolahan 1 lebih kecil dibanding pengolahan 2.

Melihat hasil perhitungan penyisihan polutan dan *preliminary sizing* kedua alternatif pengolahan memiliki kelebihan

dan kekurangan. Alternatif pengolahan 1 memiliki kelebihan lahan yang dibutuhkan lebih kecil dan alternatif pengolahan 2 memiliki kelebihan hasil pengolahan lebih baik. Pemilihan alternatif pada perencanaan IPAL kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu juga mempertimbangkan pengoperasian dan perawatan yang sesuai dengan lokasi kegiatan. Melihat kondisi dan tenaga kerja yang ada di lapangan, pengolahan yang sesuai adalah alternatif pengolahan 2. Pengoperasian digester anaerobik memerlukan pemantauan untuk influen air limbah agar proses pengolahan dapat berjalan dengan baik. Selain itu pengoperasian dan perawatan dari digester anaerobik memerlukan tenaga kerja ahli yang memahami fungsi digester. Pengolahan dengan UASB lebih mudah karena memerlukan tenaga kerja yang memantau kinerja pompa. Sehingga alternatif pengolahan terpilih adalah alternatif 1 dengan efisiensi penyisihan yang tinggi diharapkan mampu menahan beban air limbah yang memungkinkan terjadi peningkatan.

4.3 Penyesuaian Saluran Air Limbah

Penyesuaian saluran air limbah dibuat sesuai dengan tujuan perencanaan, yaitu mengolah air limbah kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu. Penyesuaian saluran ini dibuat agar air limbah menuju pada satu titik sebagai *inlet* dari saluran. Pada lokasi studi terdapat saluran dari kandang sapi yang berbeda arah aliran. Selain itu, saluran air limbah industri tahu mengarah ke badan air. Saluran yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



LAYOUT
SKALA 1:1250



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN BAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Saluran Direncanakan

LEGENDA

- Saluran Rencanakan
- Saluran Eksisting
- Badan Air

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 1250

NO. GAMBAR

Gambar 4.5

MATA ANGIN



Saluran yang telah ada di lokasi studi merupakan saluran terbuka dengan penampang persegi dan berbahan lapisan beton. Ukuran dari saluran eksisting adalah 0,4 m untuk lebar dan 0,4 m untuk tinggi saluran. Pada perencanaan saluran ini, bentuk, bahan, dan ukuran saluran direncanakan sama. Adapun perhitungan saluran adalah sebagai berikut.

Saluran A – C

Faktor kekasaran saluran (n)	= 0,015
Panjang saluran (Ld)	= 36,3 m
Elevasi tanah awal (Ho)	= 13,6 m
Elevasi tanah akhir (HL)	= 13,2 m
Lebar saluran (b)	= 0,4 m (sesuai eksisting)
Kedalaman saluran (H)	= 0,4 m (sesuai eksisting)
Perhitungan:	
Beda tinggi (ΔH)	= $H_o - H_L$ = 13,6 – 13,2 = 0,4 m
Slope (S)	= $\Delta H / L_d$ = 0,4 m / 36,6 m = 0,011
Debit yang disalurkan (Q)	= 0,024 m ³ /detik
Tinggi air (hair) didapat berdasarkan persamaan Manning	
h air	= $\left(\frac{Q \times n}{2^{1/3} \times \sqrt{S}} \right)^{3/8}$ = $\left(\frac{0,024 \times 0,015}{2^{1/3} \times \sqrt{0,011}} \right)^{3/8}$ = 0,109 m
Luas penampang basah (A)	= b x h air = 0,4 m x 0,109 m = 0,044 m ²
Keliling basah saluran (P)	= b + (2 x h air) = 0,4 + (2 x 0,109) = 0,618 m
Jari – jari hidrolis (R)	= A / P = 0,044 m ² / 0,618 m = 0,071 m
Cek kecepatan sesuai persamaan Manning (v cek)	

$$\begin{aligned}
 v_{\text{cek}} &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{1}{0,015} \times 0,071^{\frac{2}{3}} \times 0,011^{\frac{1}{2}} \\
 &= 1,2 \text{ m/detik} \\
 &\text{(memenuhi kriteria } 0,6 \text{ m/detik} - 3 \text{ m/detik)} \\
 \text{Freeboard (fb)} &= H_{\text{rencana}} - h_{\text{air}} \\
 &= 0,4 \text{ m} - 0,109 \text{ m} \\
 &= 0,291 \text{ m} \\
 \text{A saluran maksimum} &= P \times H \\
 &= 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \\
 &= 0,16 \text{ m}^2 \\
 \text{Q saluran maksimum} &= A_{\text{sal maks}} \times v_{\text{cek}} \\
 &= 0,16 \text{ m}^2 \times 1,2 \text{ m/detik} \\
 &= 0,1913 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit tiap saluran rencana:

$$\begin{aligned}
 \text{Q A} - \text{C} &= 2 \text{ kandang sapi} \\
 &= 2 \times (0,012 \text{ m}^3/\text{detik}) \\
 &= 0,024 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Q B} - \text{C} &= 1 \text{ kandang sapi} + \text{tahu} \\
 &= 0,012 \text{ m}^3/\text{detik} + 0,0015 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 0,0135 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Q C} - \text{D} &= \text{Q A} - \text{C} + \text{Q B} - \text{C} \\
 &= 0,0375 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Q D} - \text{E} &= \text{Q C} - \text{D} + 1 \text{ kandang sapi} \\
 &= 0,0375 \text{ m}^3/\text{detik} + 0,012 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 0,0495 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Q E} - \text{F} &= \text{Q D} - \text{E} + 3 \text{ kandang sapi} \\
 &= 0,0495 \text{ m}^3/\text{detik} + (3 \times 0,012 \text{ m}^3/\text{detik}) \\
 &= 0,0855 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan saluran secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.8. Gambar penampang saluran dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Saluran

Saluran	n	Ld (m)	Elevasi tanah		ΔH (m)	S	Q (m ³ /detik)	h air (m)	b (m)
			awal	akhir					
A - C	0,015	36,3	13,6	13,2	0,4	0,011	0,024	0,109	0,4
B - C	0,015	12,7	13,5	13,2	0,3	0,024	0,014	0,076	0,4
C - D	0,015	60	13,2	12,4	0,8	0,013	0,038	0,125	0,4
D - E	0,015	8,03	12,4	12,1	0,3	0,037	0,050	0,114	0,4
E - F	0,015	2,3	12,1	12	0,1	0,043	0,086	0,136	0,4

Lanjutan **Tabel 4.8**

Saluran	A (m ²)	P (m)	R (m)	vcek (m/detik)	fb (m)	H (m)	A sal max (m ²)	Q sal max (m ³ /detik)
A - C	0,044	0,618	0,071	1,196	0,291	0,4	0,16	0,191
B - C	0,031	0,553	0,055	1,486	0,324	0,4	0,16	0,238
C - D	0,050	0,649	0,077	1,390	0,275	0,4	0,16	0,222
D - E	0,046	0,628	0,073	2,242	0,286	0,4	0,16	0,359
E - F	0,054	0,672	0,081	2,601	0,264	0,4	0,16	0,416

Perhitungan elevasi saluran

Perhitungan elevasi atau beda tinggi saluran ditujukan untuk mengetahui elevasi dasar saluran dan muka air. Perhitungan elevasi saluran adalah sebagai berikut.

Saluran A – C

Diketahui:	Elevasi tanah awal (H_o)	= 13,6 m
	Elevasi tanah akhir (H)	= 13,2 m
	ΔH	= 0,4 m
	h air	= 0,11 m
	<i>freeboard</i> (fb)	= 0,29 m

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Elevasi dasar saluran awal} &= H_o - h \text{ air} - fb \\ &= 13,6 \text{ m} - 0,11 \text{ m} - 0,29 \text{ m} \\ &= 13,2 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Elevasi dasar saluran akhir} &= \text{Elevasi dasar saluran awal} - \Delta H \\ &= 13,2 \text{ m} - 0,4 \text{ m} \\ &= 12,8 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Elevasi muka air awal} &= H_o - fb \\ &= 13,6 \text{ m} - 0,29 \text{ m} \\ &= 13,31 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Elevasi muka air akhir} &= \text{Elevasi dasar saluran akhir} + h \text{ air} \\ &= 12,8 \text{ m} + 0,11 \text{ m} \\ &= 12,91 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kedalaman awal} &= H_o - \text{Elevasi dasar saluran awal} \\ &= 13,6 \text{ m} - 13,2 \text{ m} \\ &= 0,4 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kedalaman akhir} &= H - \text{Elevasi dasar saluran akhir} \\ &= 13,2 \text{ m} - 12,8 \text{ m} \\ &= 0,4 \text{ m}\end{aligned}$$

Perhitungan elevasi saluran secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.9.

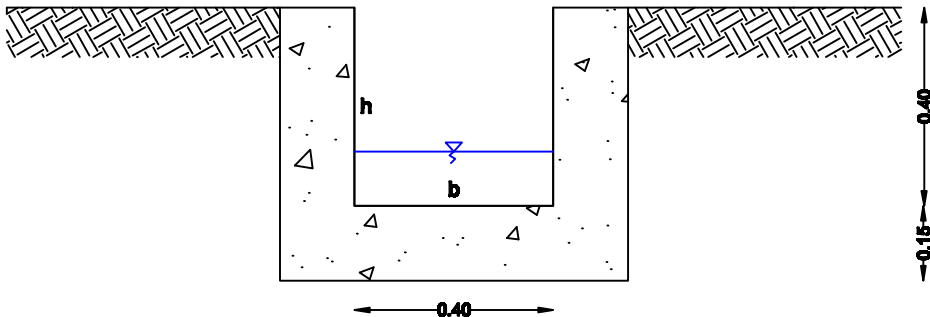
Tabel 4.9 Perhitungan Elevasi Saluran

Saluran	Elevasi Tanah (m)		ΔH (m)	h air (m)	fb (m)	Elevasi Dasar Saluran (m)	
	Awal	Akhir				Awal	Akhir
A - C	13,6	13,2	0,4	0,11	0,29	13,20	12,80
B - C	13,5	13,2	0,3	0,08	0,32	13,10	12,80
C - D	13,2	12,4	0,8	0,12	0,28	12,80	12,00
D - E	12,4	12,1	0,3	0,11	0,29	12,00	11,70
E - F	12,1	12	0,1	0,14	0,26	11,70	11,60

Lanjutan **Tabel 4.9**

Saluran	Elevasi Tanah Awal (m)	h air (m)	fb (m)	Elevasi dasar saluran (m)		Elevasi muka air (m)		Kedalaman penanaman (m)	
				Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
A - C	13,6	0,11	0,29	13,20	12,80	13,31	12,91	0,40	0,40
B - C	13,5	0,08	0,32	13,10	12,80	13,18	12,88	0,40	0,40
C - D	13,2	0,12	0,28	12,80	12,00	12,92	12,12	0,40	0,40
D - E	12,4	0,11	0,29	12,00	11,70	12,11	11,81	0,40	0,40
E - F	12,1	0,14	0,26	11,70	11,60	11,84	11,74	0,40	0,40

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



PENAMPANG SALURAN
SKALA 1:10



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018**

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU**

JUDUL GAMBAR

**Penampang Saluran Air
Limbah**

LEGENDA

-  BETON
-  TANAH
-  MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

**RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111**

DOSEN PEMBIMBING

**ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001**

SKALA

1 : 10

NO. GAMBAR

Gambar 4.8

4.4 Perencanaan Instalasi Pengolahan

4.4.1 Screen

Pada perencanaan ini *screen* digunakan menyaring benda padat dan kasar yang terdapat dalam air limbah untuk memperingan kerja pompa *submersible* sehingga pompa tidak mudah rusak. *Screen* yang akan digunakan adalah *screen* dengan pembersihan mekanik dengan tipe batang segi empat dengan sisi tajam. *Screen* direncanakan terletak pada saluran air limbah yang merupakan saluran inlet bak ekualisasi.

Direncanakan

Q	=	0,086 m ³ /detik
Lebar saluran (B)	=	Lebar saluran
	=	0,4 m
Kedalaman air (h)	=	0,136 m
Kemiringan dari vertikal	=	30°
Tipe batang segi empat dengan sisi tajam	→ β =	2,45
Jarak antar batang (b)	=	31 mm = 0,031 m
Lebar batang (w)	=	10 mm = 0,01 m

Perhitungan

- A. Jumlah bar (n) $= \frac{(B - b)}{(w + b)} = \frac{0,4 - 0,031}{0,01 + 0,031} = 9 \text{ bar}$
- B. Lebar celah total (Lt) $= B - (n \times w)$
 $= 0,4 \text{ m} - (9 \times 0,01)$
 $= 0,31 \text{ m}$
- C. Jumlah celah (s) $= Lt / b$
 $= 0,31 \text{ m} / 0,031 \text{ m}$
 $= 10$
- D. Panjang kisi yang terendam air (Ls)
Ls $= h / \sin 30^\circ$
 $= 0,136 / 0,5$
 $= 0,27 \text{ m}$
- E. Kecepatan aliran melalui kisi (v_s)

Kondisi bersih

$$Vs = \frac{Q}{Lt \times Ls} = \frac{0,086}{0,31 \times 0,27} = 1,01 \text{ m/detik}$$

Kondisi setengah clogging

$$Lt = 0,5 \times Lt$$

$$Vs' = 0,5 \times 0,31 = 0,155 \text{ m}$$

$$Vs' = \frac{Q}{Lt \times Ls} = \frac{0,086}{0,155 \times 0,27} = 2,03 \text{ m/detik}$$

F. Headloss (hL)

Kondisi bersih

$$HL = \beta \left(\frac{w \times n}{Lt} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{Vs^2}{2 \times 9.81} \right) \times \sin 30^0$$

$$= 2,42 \left(\frac{0,01 \times 9}{0,31} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{1,01^2}{2 \times 9.81} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$= 0,012 \text{ m}$$

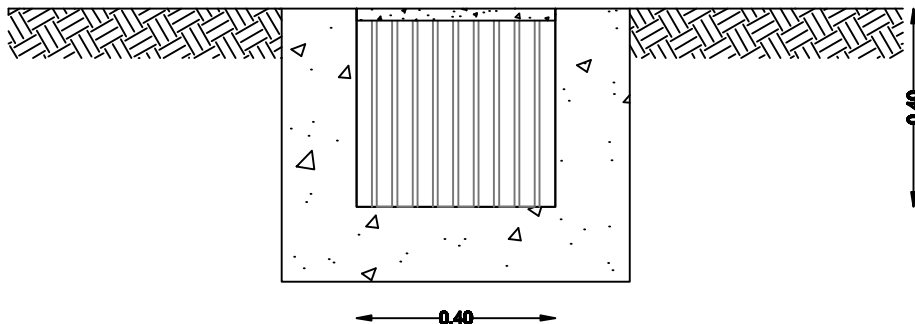
Kondisi setengah clogging

$$HL' = \beta \left(\frac{w \times n}{Lt} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{Vs^2}{2 \times 9.81} \right) \times \sin 30^0$$

$$= 2,42 \left(\frac{0,01 \times 10}{0,31} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{2,03^2}{2 \times 9.81} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$= 0,048 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan detail *screen* didapatkan jumlah bar tipe segi empat sisi tajam sebanyak 9 bar dengan lebar 0,01 m dan celah sebanyak 10 dengan jarak antar batang 0,031 m. Kecepatan air melalui kisi saat *screen* dalam keadaan bersih adalah 1,01 m/detik dan 2,03 saat kondisi setengah *clogging*. *Headloss* pada *screen* sebesar 0,12 m untuk kondisi bersih dan 0,048 m saat kondisi setengah *clogging*. Gambar *screen* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



SCREEN
SKALA 1:10



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

SCREEN

LEGENDA

-  **BETON**
-  **TANAH**
-  **MUKA AIR**
-  **SCREEN**

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 10

NO. GAMBAR

Gambar 4.7

4.4.2 Bak Ekualisasi

Pada perencanaan ini dibutuhkan bak ekualisasi sebelum air limbah masuk ke unit UASB. Pengolahan dengan UASB membutuhkan debit yang stabil untuk keberhasilan pengolahan. Debit yang masuk pada bak ekualisasi adalah debit air limbah yang dihasilkan dari kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu sebesar 345,6 m³/hari.

Perhitungan Dimensi

1. Menentukan fluktuasi debit

Fluktuasi debit ditentukan sesuai aktivitas pada lokasi kegiatan. Pada perencanaan ini air limbah yang akan diolah berasal dari kegiatan peternakan sapi dan industri tahu. Hasil dari pengumpulan data didapatkan debit air limbah peternakan sapi perah adalah 302,4 m³/hari. Jam kerja peternakan sapi adalah 2 x 4 jam, yaitu jam 6.00 – 7.00 dan 13.00 – 17.00. Kegiatan industri tahu dimulai dari pukul 8.00 – 16.00 dengan debit air limbah sebesar 43,2 m³/hari. Berdasarkan jam kerja tersebut didapatkan fluktuasi debit air limbah yang dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Fluktuasi Debit Lokasi Studi

Waktu (Jam)	Q tahu	Q ternak	Debit Influen (m ³ /jam)
(I)	(II)	(III)	(IV) = (II) + (III)
0 - 1	0,0	0,0	0,00
1 - 2	0,0	0,0	0,00
2 - 3	0,0	0,0	0,00
3 - 4	0,0	0,0	0,00
4 - 5	0,0	0,0	0,00
5 - 6	0,0	0,0	0,00
6 - 7	0,0	37,8	37,80
7 - 8	0,0	37,8	37,80
8 - 9	5,4	37,8	43,20
9 - 10	5,4	37,8	43,20
10 - 11	5,4	0,0	5,40
11 - 12	5,4	0,0	5,40
12 - 13	5,4	0,0	5,40
13 - 14	5,4	37,8	43,20
14 - 15	5,4	37,8	43,20
15 - 16	5,4	37,8	43,20
16 - 17	0,0	37,8	37,80
17 - 18	0,0	0,0	0,00
18 - 19	0,0	0,0	0,00

Waktu (Jam)	Q tahu	Q ternak	Debit Influen (m ³ /jam)
(I)	(II)	(III)	(IV) = (II) + (III)
19 - 20	0,0	0,0	0,00
20 - 21	0,0	0,0	0,00
21 - 22	0,0	0,0	0,00
22 - 23	0,0	0,0	0,00
23 - 24	0,0	0,0	0,00
TOTAL	43,20 m ³ /hari	302,40 m ³ /hari	345,600 m ³ /hari

2. Debit *outflow* (Qout)

Berdasarkan fluktuasi debit didapatkan debit rata-rata sebesar 14,40 m³/jam. Debit *outflow* yang akan digunakan merupakan debit sesuai kapasitas pompa yang akan digunakan. Pencarian pompa dilakukan dengan fasilitas *sizing pump* yang terdapat pada website Grundfos. Berdasarkan *sizing* tersebut didapatkan kapasitas pompa yang sesuai sebesar 18,72 m³/jam. Jenis pompa yang akan digunakan adalah *submersible* untuk air limbah berjumlah 1 buah. Head pompa untuk *sizing* didapat dengan perhitungan berikut yang disesuaikan dengan skema pada Gambar 4.8.

Direncanakan

$$\begin{aligned}
 \text{Debit (Q)} &= 14,40 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,004 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 v &= 1 \text{ m/detik} \\
 L_{\text{discharge}} &= H_{\text{pipa}_{\text{BE}}} + \text{jarak antar unit} + L_{\text{in UASB}} + \\
 &\quad \text{Pipa dalam UASB} \\
 &= 4,65 \text{ m} + 3,45 \text{ m} + 1,8 \text{ m} + 6,5 \text{ m} \\
 &= 16,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi pipa

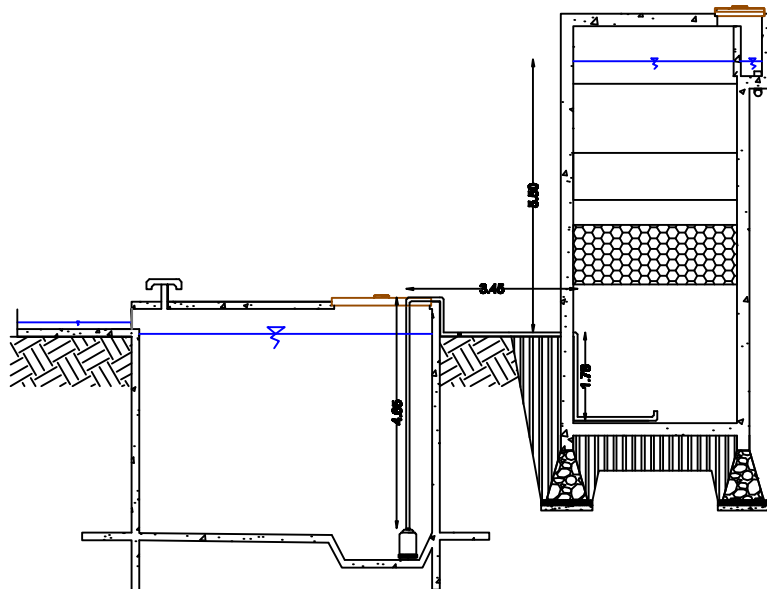
$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang pipa (Ap)} &= Q / v \\
 &= 0,004 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\
 &= 0,004 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$r = \sqrt{\frac{A_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,004}{3,14}} = 0,036 \text{ m} = 36 \text{ mm}$$

$$D = 2 \times 36 \text{ mm} = 72 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$A_{\text{cek}} = 3,14 \times (0,1 \text{ m} / 2)^2 = 0,0079 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 v_{\text{cek}} &= Q / A_{\text{cek}} = 0,004 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,0079 \text{ m}^2 \\
 &= 0,51 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$



SKEMA BAK EKUALISASI - UASB
SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Skema Bak Ekualisasi - UASB

LEGENDA

- BETON**
- TANAH**
- MUKA AIR**
- PASIR DIPADATKAN**
- TANAH URUG**
- BATU KALI**
- ANSTAMPING**

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR

Gambar 4.5

Perhitungan head

$$\text{Head total} = H_f \text{ sistem} + H_f \text{ statis}$$

$$H_f \text{ statis} = 5,4 \text{ m} + 4,65 \text{ m}$$

$$= 10,05 \text{ m} \quad (\text{Gambar 4.8})$$

$$H_f \text{ sistem} = H_{L \text{ mayor}} + H_{L \text{ minor}}$$

$$H_{L \text{ mayor}} = H_f \text{ suction} + H_f \text{ discharge}$$

$$L_{\text{suction}} = 0 \text{ m}$$

$$H_{f \text{ suction}} = 0 \text{ m}$$

$$L_{\text{discharge}} = 16,4$$

$$H_f \text{ discharge} = \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{\text{discharge}}$$

$$= \left(\frac{4 \text{ L/detik}}{0,00155 \times 120 \times (10 \text{ cm})^{2,63}} \right)^{1,85} \times 16,4 \text{ m}$$

$$= 0,065 \text{ m}$$

$$H_{L \text{ mayor}} = 0 \text{ m} + 0,065 \text{ m}$$

$$= 0,065 \text{ m}$$

$$H_f \text{ belokan } 90^\circ \rightarrow k = 0,8 \quad (n = 4 \text{ buah})$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ belokan } 90^\circ &= \left(\frac{k \times v_{\text{cek}}^2}{2g} \right) \times n \\ &= \left(\frac{0,8 \times 0,51^2}{2(9,81)} \right) \times 4 \\ &= 0,04 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_f \text{ Tee} \rightarrow k = 1,8 \quad (n = 2 \text{ buah})$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ Tee} &= \left(\frac{k \times v_{\text{cek}}^2}{2g} \right) \times n \\ &= \left(\frac{1,8 \times 0,51^2}{2(9,81)} \right) \times 2 \\ &= 0,048 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_f \text{ Valve} \rightarrow k = 0,2 \quad (n = 1 \text{ buah})$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ valve} &= \left(\frac{k \times v_{\text{cek}}^2}{2g} \right) \times n \\ &= \left(\frac{0,2 \times 0,51^2}{2(9,81)} \right) \times 1 \\ &= 0,003 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ kecepatan (Hv)} &= \frac{v_{\text{cek}}^2}{2g} \\ &= \frac{0,51^2}{2(9,81)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,013 \text{ m} \\
 H_{L\text{minor}} &= H_f \text{ belokan } 90^\circ + H_f \text{ Tee} + H_f \text{ valve} + H_v \\
 H_{L\text{minor}} &= 0,04 \text{ m} + 0,048 \text{ m} + 0,003 \text{ m} + 0,013 \text{ m} \\
 &= 0,11 \text{ m} \\
 H_f \text{ sistem} &= 0,065 \text{ m} + 0,11 \text{ m} \\
 &= 0,17 \text{ m} \\
 \text{Head total} &= 10,05 \text{ m} + 0,17 \text{ m} \\
 &= 10,22 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pompa yang digunakan adalah tipe SEG A15.20.R1.2.1.603 dengan nomor produk 98280867. Keterangan lebih lanjut terkait pompa dapat dilihat pada lampiran.

3. Dimensi bak ekualisasi

Dimensi bak ekualisasi didapatkan dari selisih kumulatif debit influen dengan kumulatif debit effluen yang dapat dilihat pada Tabel 4.11. Kemudian dari selisih tersebut diambil nilai terkecil dan terbesar.

Tabel 4.11 Perhitungan Selisih Debit Kumulatif

Waktu (Jam)	Debit Influen (m ³ /jam)	Debit Effluen (m ³ /jam)	Kumulatif Debit Influen (m ³ /jam)	Kumulatif Debit Effluen (m ³ /jam)	Selisih kumulatif (m ³)
(I)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII) = (VI) - (VII)
0 - 1	0,00	17,00	0,00	17,0	-17
1 - 2	0,00	17,00	0,00	34,0	-34
2 - 3	0,00	17,00	0,00	51,0	-51
3 - 4	0,00	17,00	0,00	68,0	-68
4 - 5	0,00	17,00	0,00	85,0	-85
5 - 6	0,00	17,00	0,00	102,0	-102
6 - 7	37,80	17,00	37,80	119,0	-81
7 - 8	37,80	17,00	75,60	136,0	-60
8 - 9	43,20	17,00	118,80	153,0	-34
9 - 10	43,20	17,00	162,00	170,0	-8

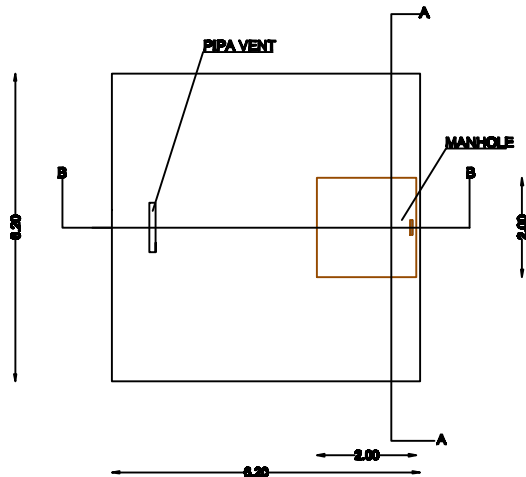
Waktu (Jam)	Debit Influen (m ³ /jam)	Debit Efluen (m ³ /jam)	Kumulatif Debit Influen (m ³ /jam)	Kumulatif Debit Efluen (m ³ /jam)	Selisih kumulatif (m ³)
(I)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII) = (VI) - (VII)
10 - 11	5,40	17,00	167,40	187,0	-20
11 - 12	5,40	17,00	172,80	204,0	-31
12 - 13	5,40	17,00	178,20	221,0	-43
13 - 14	43,20	17,00	221,40	238,0	-17
14 - 15	43,20	17,00	264,60	255,0	10
15 - 16	43,20	17,00	307,80	272,0	36
16 - 17	37,80	17,00	345,60	289,0	57
17 - 18	0,00	17,00	345,60	306,0	40
18 - 19	0,00	17,00	345,60	323,0	23
19 - 20	0,00	17,00	345,60	340,0	6
20 - 21	0,00	17,00	345,60	357,0	-11
21 - 22	0,00	17,00	345,60	350,460	-28
22 - 23	0,00	17,00	345,60	366,390	-45
23 - 24	0,00	17,00	345,60	382,320	-62
TOTAL	345,6 m ³ /hari				

Berdasarkan perhitungan sesuai Tabel 4.11 didapatkan besar volume kumulatif debit limbah untuk nilai terbesar dan terkecil, sehingga dapat diketahui volume bak ekualisasi. Perhitungan desain bak ekualisasi adalah sebagai berikut.

- Nilai terbesar = 27
- Nilai terkecil = (-) 112
- Volume bak ekualisasi = 27 - (- 112) = 140 m³
- Direncanakan jumlah bak ekualisasi = 1 buah
- Direncanakan kedalaman (H) = 4 m
- As = 140 m³ / 4 m = 35 m²
- Direncanakan P : L = 1 : 1

- Lebar (L) $= \sqrt{35} = 5,9 \text{ m}$
- Panjang (P) $= L = 5,9 \text{ m}$
- Q out $= 18,72 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Cek Td $= V / Q_{in}$
 $= 140 / 14,44 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $= 9,7 \text{ jam}$
- *Freeboard* (fb) $= 0,5 \text{ m}$

Berdasarkan perhitungan detail bak ekualisasi didapatkan dimensi bak ekualisasi adalah 5,9m x 5,9m x 4m dengan *freeboard* 0,5 m. Debit keluar dari bak ekualisasi sebesar kapasitas pompa, yaitu 18,72 m³/jam. Pompa yang digunakan pada bak ekualisasi untuk menuju unit UASB adalah pompa jenis *submersible*. Gambar desain bak ekualisasi dapat dilihat pada Gambar 4.9 hingga Gambar 4.12.



TAMPAK ATAS BAK EKUALISASI
SKALA 1:100



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018**

JUDUL TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU**

JUDUL GAMBAR

Tempek Atas Bak Ekuilisasi

LEGENDA

NAMA MAHASISWA

**RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111**

DOSEN PEMBIMBING

**ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001**

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR

Gambar 4.9



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Denah Bak Ekualisasi

LEGENDA

 BETON

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

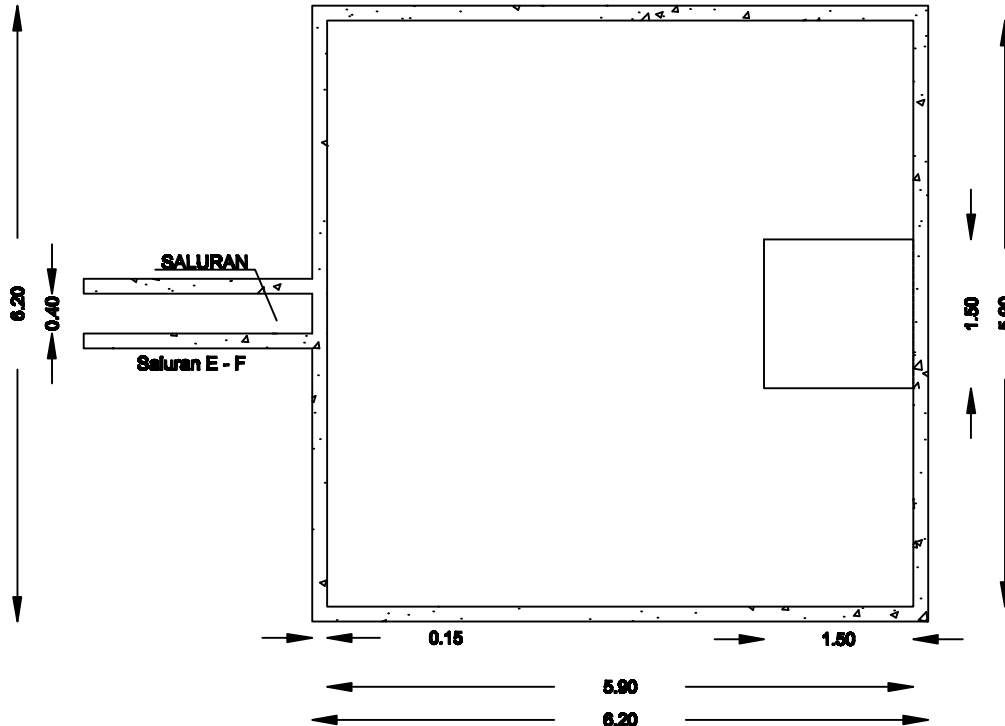
ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

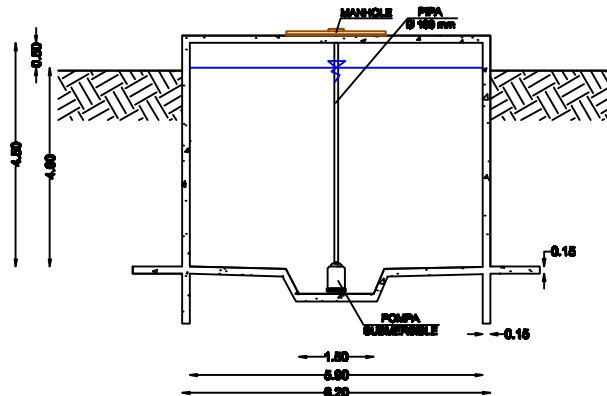
1 : 50

NO. GAMBAR

Gambar 4.10



DENAH BAK EKUALISASI
SKALA 1:50



POTONGAN A - A BAK EKUALISASI
SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Potongan A - A Bak
Ekualisasi

LEGENDA

	BETON
	TANAH
	MUKA AIR

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

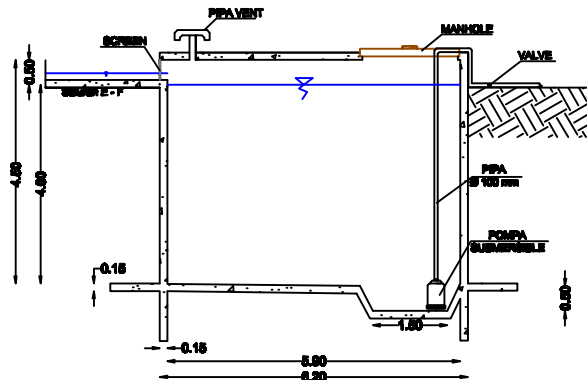
ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR

Gambar 4.11



POTONGAN B - B BAK EKUALISASI
SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Potongan B - B Bak
Ekualisasi

LEGENDA

- BETON**
- TANAH**
- MUKA AIR**

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR

Gambar 4.12

4.4.3 Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

Debit air yang masuk ke dalam unit UASB adalah debit yang telah diatur dari bak ekualisasi. Jumlah unit UASB direncanakan sebanyak satu unit. Perhitungan unit UASB didasarkan pada karakteristik air limbah yang akan diolah dan kriteria desain.

Kriteria Desain UASB (Metcalf dan Eddy, 2014)

Organik loading rate (OLR) = $(5 - 15) \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$

Hydraulic retention time (HRT) = $(4 - 8) \text{ jam}$

Upflow velocity (vup) = $(0,8 - 1,25) \text{ m/jam}$

Diketahui:

$Q_{in} = 18,72 \text{ m}^3/\text{jam}$

$[BOD]_{in} = 1.702,96 \text{ mg/L}$

$[COD]_{in} = 4.143,08 \text{ mg/L}$

$[TSS]_{in} = 1.053,75 \text{ mg/L}$

$T = 30^\circ\text{C}$

$VSS = 515 \text{ mg/L}$

Koefisien biokinetik dan stoikiometri methan (Metcalf dan Eddy, 2014):

Solid yield (Y) = $0,08 \text{ grVSS/grCOD}$

Koefisien *decay* (Kd) = $0,03 \text{ gVSS/gVSS.hari}$

Fraksi biomassa sebagai *cell debris* (fd) = $0,1 \text{ gVSS/gVSS}$

Produksi methan pada 0°C = $0,35 \text{ m}^3/\text{kgCOD}$

%CH₄ pada fase gas = 65%

Konsentrasi solid (Xss) = 30 kgVSS/m^3

Konsentrasi VSS efluen = 170 gVSS/m^3

H proses reaktor (Hr) = 6 m

H *gas-solid separator* (Hgss) = $1,5 \text{ m}$

H *clear zone above sludge blanket* (Hcz) = $0,5 \text{ m}$

Organic Loading Rate (OLR) = $14 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{hari}$

Kecepatan *upflow* (vup) = 1 m/jam

A. Perhitungan dimensi reaktor

1. Volume berdasarkan OLR (Volr)

$Volr = Q_{in} [COD]_{in} / OLR$

$$= \frac{17,00 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times \left(\frac{4143,08 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)}{14 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{hari}} \\ = 133 \text{ m}^3$$

2. Luas penampang (As)

$$\begin{aligned}As &= \text{Volr} / \text{Hr} \\&= 133 \text{ m}^3 / 6 \text{ m} \\&= 22,16 \text{ m}^2\end{aligned}$$

3. Dimensi reaktor

$$\text{Panjang (P)} : \text{Lebar (L)} = 2 : 1$$

$$L = \sqrt{\frac{As}{2}} = \sqrt{\frac{22,16}{2}} = 3,33 \text{ m} \approx 3,3 \text{ m}$$

$$P = 2 \times 3,3 = 6,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{As dimensi baru (As cek)} &= P \times L \\&= 3,3 \text{ m} \times 6,6 \text{ m} \\&= 21,78 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume dimensi baru (Vr)} &= 21,78 \text{ m}^2 \times 6 \text{ m} \\&= 130,68 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H total reaktor} &= \text{Hr} + \text{Hgss} + \text{Hcz} \\&= 6 \text{ m} + 1,5 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\&= 8 \text{ m}\end{aligned}$$

4. Cek sesuai desain kriteria

$$\begin{aligned}\text{Cek OLR} &= \frac{Q_{in} \times [\text{COD}]_{in}}{As \text{ cek} \times \text{Hr}} \\&= \frac{17 \text{ m}^3/\text{hari} \times 24 \text{ jam}/\text{hari} \times \left(\frac{4144,93 \text{ mg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}\right)}{21,78 \text{ m}^2 \times 6 \text{ m}} \\&= 14,24 \text{ kgCOD}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek HRT} &= (Vr) / Q_{in} \\&= (130,68 \text{ m}^3) / 18,72 \text{ m}^3/\text{jam} \\&= 6,98 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek vup} &= Q_{in} / As \text{ cek} \\&= (18,72 \text{ m}^3/\text{jam}) / 21,78 \text{ m}^2 \\&= 0,86 \text{ m}/\text{jam}\end{aligned}$$

5. Pipa inlet dan outlet

a. Pipa inlet

$$\begin{aligned}\text{D pipa inlet} &= \text{D pipa outlet bak ekualisasi} \\&= 100 \text{ mm} \\&= 10 \text{ cm}\end{aligned}$$

Berdasarkan Chernicharo (2007), area influen tiap pipa distribusi untuk tipe lumpur berbentuk granular adalah 2 m^2 , sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah pipa distribusi (Nd)} &= As / A_{\text{pipa}} \\&= 21,78 / 2\end{aligned}$$

$$= 10,89 \approx 11 \text{ buah}$$

b. Pipa outlet

$$Q_{\text{eff}} = 0,0052 \text{ /detik}$$

$$v \text{ asumsi} = 0,4 \text{ m/detik}$$

$$A_{\text{pipa}} = Q_{\text{eff}}/v$$

$$= 0,0052 \text{ /detik} / 0,4 \text{ m/detik}$$

$$= 0,013 \text{ m}^2$$

$$\text{Jari – jari (R)} = \sqrt{\frac{A_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,013}{3,14}}$$

$$= 0,064 \text{ m} = 64 \text{ mm}$$

$$D = 2 \times 64 \text{ mm}$$

$$= 128,34 \text{ mm} \approx 140 \text{ mm} = 0,14 \text{ m}$$

6. Dimensi penangkap gas (Chernicharo, 2007)

Direncanakan jumlah pengumpul gas (n) sebanyak 2 buah.

Panjang pengumpul gas (Lg) = L reaktor

$$= 3 \text{ m}$$

Lebar penangkap gas

$$= 0,5 \text{ m}$$

B. Efisiensi Penyisihan (Chernicharo, 2007)

$$\begin{aligned} \text{CODrem} &= 100 \times (1 - 0,68 \times t^{-0,68}) \\ &= 100\% \times (1 - 0,68 \times 6,98^{-0,68}) \\ &= 82\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BODrem} &= 100\% \times (1 - 0,7 \times t^{-0,5}) \\ &= 100\% \times (1 - 0,7 \times 6,98^{-0,5}) \\ &= 74\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CODeff} &= \text{CODin} \times (1 - \text{CODrem}) \\ &= 751,59 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BODeff} &= \text{BODin} \times (1 - \text{BODrem}) \\ &= 451,18 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSSeff} &= 102 \times t^{(-0,24)} \\ &= 102 \times 6,98^{(-0,24)} \\ &= 63,98 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSSrem} &= \frac{(1053,75 \text{ mg/L} - 63,98 \text{ mg/L})}{1053,75 \text{ mg/L}} \times 100\% \\ &= 93,9\% \end{aligned}$$

C. Solid Retention Time (SRT) reaktor

$$X_{ss} \times (V_r) = \frac{Q \times Y \times (S_0 - S)(SRT)(1 + f_{kd}(SRT))}{1 + k_d(SRT)} + (n_b V_{SS} \times Q \times (SRT))$$

$$\begin{aligned} S_0 - S &= \text{CODrem} \times [\text{COD}]_{\text{in}} \\ &= 82\% \times 4143,08 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$= 3391,5 \text{ mg/L}$$

Asumsi 50% VSS dapat terurai, sehingga

$$\begin{aligned} \text{VSS non biodegradable (nbVSS)} &= 50\% \times 515 \text{ mg/L} \\ &= 257,5 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$30 \text{ kgVSS/m}^3 \times (115,32 \text{ m}^3) =$$

$$\frac{18,72 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 0,08 \frac{\text{gVSS}}{\text{gCOD}} \times \left(3391,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) (\text{SRT}) (1+0,1 \times 0,03 \text{ g/g.hari}(\text{SRT}))}{1+0,03 \text{ gVSS/gVSS.hari}(\text{SRT})} + (257,5 \text{ mg/L} \times 18,72 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} (\text{SRT}))$$

$$\text{SRT} = 36,8 \text{ hari}$$

D. Produksi Lumpur

1. Produksi VSS (Px, vss)

$$\begin{aligned} \text{Px, vss} &= \text{Xvss} (\text{Vr}) / \text{SRT} \\ &= 30 \text{ kgVSS/m}^3 \times 130,68 \text{ m}^3 / 36,8 \text{ hari} \\ &= 106,53 \text{ kgVSS/hari} \end{aligned}$$

2. Volume lumpur / hari (Qw)

$$\begin{aligned} \text{Qw} &= (\text{Px, vss} - \text{Q} \times (\text{Xe})) / \text{Xvss} \\ &= 106.530 \text{ gVSS/hari} - (18,72 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 170 \\ &\quad \text{gVSS/m}^3) / 30.000 \text{ gVSS/m}^3 \\ &= 1,005 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

3. Pipa dan Pompa lumpur

$$\begin{aligned} \text{Qw} &= 1,005 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,000012 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

v asumsi = 1 m/detik

$$\begin{aligned} \text{A pipa} &= \text{Qw} / v \\ &= 0,000012 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\ &= 0,00001 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari (r)} &= \sqrt{\frac{\text{A pipa}}{3,14}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00001}{3,14}} \\ &= 0,0019 \text{ m} = 1,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= 2 \times 1,9 \text{ mm} \\ &= 3,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter digunakan (D)} &= 26 \text{ mm} \\ &= 0,026 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Lsuction} = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_{L\text{suction}} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{0,04 \text{ L/detik}}{0,00155 \times 120 \times 2,6^{2,63}} \right)^{1,85} \times 1 \text{ m} \\
 &= 0,000057 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$L_{\text{discharge}} = 30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_{L\text{discharge}} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{0,04 \text{ L/detik}}{0,00155 \times 120 \times 2,6^{2,63}} \right)^{1,85} \times 30 \text{ m} \\
 &= 0,0017 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$H_{\text{static}} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head pompa} &= 2 \text{ m} + 0,000057 \text{ m} + 0,0017 \text{ m} \\
 &= 2,0018 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya pompa

Efisiensi pompa direncanakan 75%, maka Whp:

$$\begin{aligned}
 \text{Whp} &= \frac{\rho \times Q \times H}{75} \\
 &= \frac{992 \times 0,000012 \text{ m}^3/\text{detik} \times 2,0018}{75} \times 746 \\
 &= 0,23 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Apabila efisiensi pompa 70%, maka besar daya pompa:

$$\text{Bhp} = \frac{\text{Whp}}{\eta} = \frac{0,23}{0,7} = 0,33 \text{ W}$$

E. Produksi CH₄

Diasumsi 65% CH₄ dan 50% larut

$$\begin{aligned}
 \text{CH}_4 \text{ pada } 0^\circ\text{C} &= (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{outAF}}) \times Q_{\text{in}} \times \text{produksi} \\
 &\quad \text{methan} / 1000 / 65\% \times 50\% \\
 &= (4.143,08 \text{ mg/L} - 751,6 \text{ mg/L}) \times 449,28 \\
 &\quad \text{m}^3/\text{hari} \times 0,35 \text{ m}^3/\text{kgCOD} / 1000 / 0,65 \times 0,5 \\
 &= 410 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CH}_4 \text{ pada } 30^\circ\text{C} &= \text{CH}_4 \text{ } 0^\circ\text{C} \left(\frac{(273,15+30)}{(273,15)} \right) \\
 &= 455,29 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

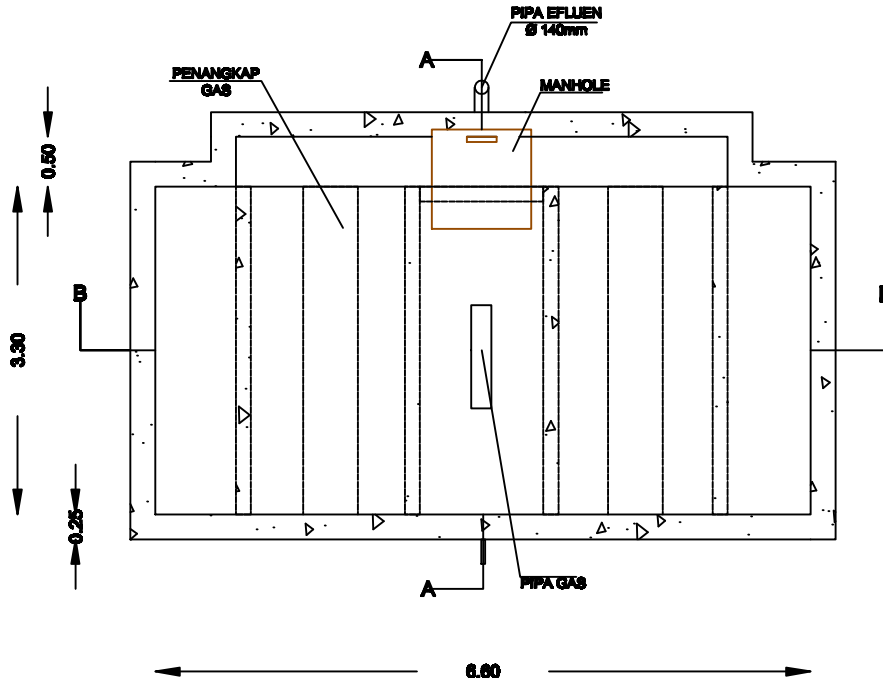
D. Produksi Energi

$$\begin{aligned}
 \text{Konten energi pada } 0^\circ\text{C} \text{ (E } 0^\circ\text{C)} &= 38.846 \text{ kJ/m}^3 \\
 &\quad \text{(Metcalf dan Eddy, 2014)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Konten energi } 30^\circ\text{C} \text{ (E } 30^\circ\text{C)} &= \text{E } 0^\circ\text{C} \left(\frac{(273,15+30)}{(273,15)} \right) \\
 &= 38.846 \text{ kJ/m}^3 \left(\frac{(273,15+30)}{(273,15)} \right) \\
 &= 35001,76 \text{ kJ/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi energi } 30^{\circ}\text{C} &= E_{30^{\circ}\text{C}} \times \text{Total CH}_4 \\
 &= 35001,76 \text{ kJ/m}^3 \times 410 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 15,9 \times 10^6 \text{ kJ/hari}
 \end{aligned}$$

Menurut van Handeel dan Lettinga (1994), *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) memiliki tiga zona yang terdiri dari zona pengendapan, zona transisi, dan *digestion zone*. Volume zona pengendapan sebesar 15% - 20% dari volume total reaktor (Mara, 2003). Dimensi unit UASB yang didapat berdasarkan hasil perhitungan adalah 6,6 m x 3,3 m x 8m dengan waktu detensi 6,98 jam. Tinggi reaktor sebesar 8m terdiri dari 6m tinggi zona *digestion* dan zona transisi, 1,5m tinggi *gas liquid solid separator* (zona pengendapan) dan 0,5m adalah *freeboard*. Gambar detail UASB dapat dilihat pada Gambar 4.13 hingga Gambar 4.15. Produksi lumpur dan metan dari pengolahan ini adalah 1,005 m³/hari dan 455,29 m³CH₄/hari. Lumpur yang dihasilkan akan diolah lebih lanjut pada pengolahan lumpur.



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Tampak Atas Upflow
Anaerobic Sludge Blanket

LEGENDA

 BETON

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

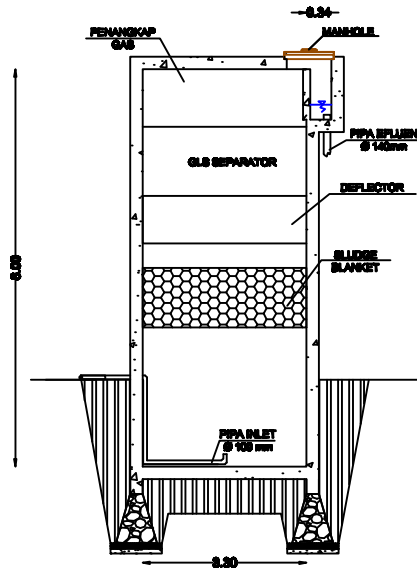
ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 50

NO. GAMBAR

Gambar 4.13



POTONGAN A - A UASB
SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Potongan A - A Uplow
Anaerobic Sludge Blanket

LEGENDA

- BETON**
- TANAH**
- MUKA AIR**
- PASIR DIPADATKAN**
- TANAH URUG**
- BATU KALI**
- ANSTAMPING**

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

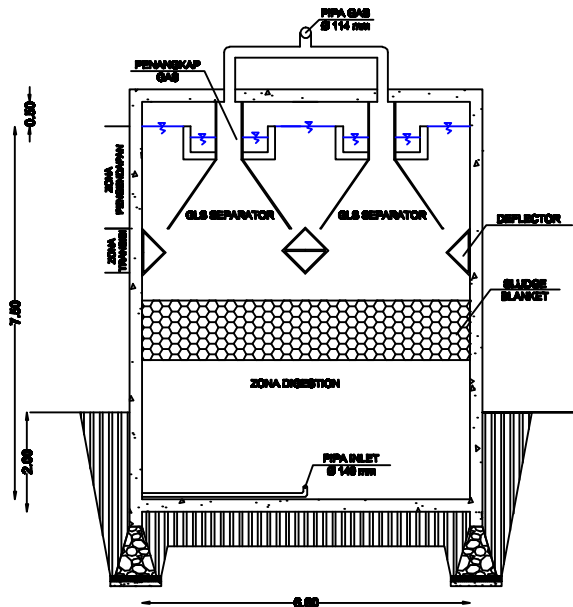
ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR

Gambar 4.14



POTONGAN B - B UASB
SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Potongan B - B Uplow
Anaerobic Sludge Blanket

LEGENDA

- BETON**
- TANAH**
- MUKA AIR**
- PASIR DIPADATKAN**
- TANAH URUG**
- BATU KALI**
- ANSTAMPING**

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR

Gambar 4.18

4.4.4 Anaerobic Filter

Unit anaerobik filter (AF) akan mengolah efluen air limbah dari UASB. Pengolahan dengan *anaerobic filter* merupakan salah satu pengolahan biologis pertumbuhan melekat sehingga membutuhkan media. Unit AF yang direncanakan tidak menggunakan ruang pengendap karena TSS efluen UASB memiliki nilai kecil bahkan sudah memenuhi baku mutu. Media yang akan digunakan pada perencanaan ini adalah sarang tawon berbahan plastik dengan luas permukaan $226 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Perhitungan dimensi unit AF didasarkan pada karakteristik air limbah yang dihasilkan unit UASB.

Kriteria Desain (Sasse, 2009)

Kecepatan upflow (vup) = $<2 \text{ m/jam}$

HRT = $(24 - 48) \text{ jam}$

Beban organik (OLR) = $<4,5 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{hari}$

Diketahui

Debit = $449,28 \text{ m}^3/\text{hari}$

[BOD]_{in} = $451,18 \text{ mg/L}$

[COD]_{in} = $751,59 \text{ mg/L}$

[TSS]_{in} = $63,98 \text{ mg/L}$

T = 30°C

Direncanakan

Jumlah unit = 2 unit, sehingga

Debit tiap unit (Q_{in}) = $224,64 \text{ m}^3/\text{hari}$

Waktu pengaliran = 24 jam

T_d anaerobik filter = 24 jam

Luas permukaan filter = $226 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (Said, 2005)

Rasio SS/COD = 0,4 (Sasse, 2009)

Porositas media = 98% (Said, 2005)

Jumlah kompartemen (n) = 3 buah (direncanakan)

Kedalaman (H) = 3 m

Jarak dasar = 0,6 m

f_b = 0,3 m

Q_{peak} = Q_{in} / waktu pengaliran

= $224,64 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam}$

= $9,36 \text{ m}^3/\text{jam}$

Perhitungan untuk satu unit

Perhitungan Kompartemen Anaerobic Filter (AF)

1. Dimensi Kompartemen AF

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total AF} &= Q_{in} \times t_d \text{ AF} \\
 &= 9,36 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 224,64 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas permukaan (As)} &= \text{Volume} / H \\
 &= 224,64 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} \\
 &= 74,88 \text{ m}^2 \\
 \text{Tinggi media filter (Hf)} &= H - \text{jarak dasar} - \text{jarak muka} \\
 &\quad \text{air} - \text{tebal penyangga} \\
 &= 3 \text{ m} - 0,6 \text{ m} - 0,4 \text{ m} - 0,1 \text{ m} \\
 &= 1,9 \text{ m} \\
 \text{Panjang kompartemen (P)} &= \text{kedalaman} \\
 &= 3 \text{ m} \\
 \text{Lebar kompartemen (L)} &= \text{Volume} / ((n \times p \text{ celah} \times H) + \\
 &\quad (P \times H_f \times (1 - \text{porositas})) \\
 &= 224,64 \text{ m}^3 / ((4 \times 0,25 \text{ m} \times 3 \text{ m}) + \\
 &\quad (3 \text{ m} \times 1,9 \text{ m} \times (1 - 0,98))) \\
 &= 7,8 \text{ m} \\
 \text{Volume efektif media} &= H_f \times P \times L \times n \times \text{porositas} \\
 &= 1,9 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 7,8 \text{ m} \times 3 \times 0,98 \\
 &= 130,71 \text{ m}^3 \\
 \text{Cek OLR} &= [\text{COD}]_{in} \text{ AF} \times Q_{in} / \text{volume efektif media} \\
 &= 751,59 \text{ mg/L} \times 224,64 \text{ m}^3/\text{hari} / 1000 / 130,71 \text{ m}^3 \\
 &= 1,297 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{hari} \\
 \text{vup} &= Q \text{ per jam} / (L \times P \times \text{porositas}) \\
 &= 9,36 \text{ m}^3/\text{jam} / (7,8 \text{ m} \times 3 \times 0,98) \\
 &= 0,41 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

2. Pipa inlet

$$\begin{aligned}
 D \text{ pipa inlet} &= D \text{ pipa outlet bak UASB} \\
 &= 140 \text{ mm} \\
 &= 14 \text{ cm} \\
 Q_{in} &= 224,64 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 2,6 \text{ L/detik} \\
 \text{Panjang pipa (L)} &= 2 \text{ m} \\
 H_L &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{2,4 \text{ L/detik}}{0,00155 \times C \times 14^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2 \text{ m} \\
 &= 0,0007 \text{ m} \\
 v \text{ cek} &= Q / A
 \end{aligned}$$

$$= 0,0026 / 3,14 \times (0,14 \text{ m} / 2)^2$$

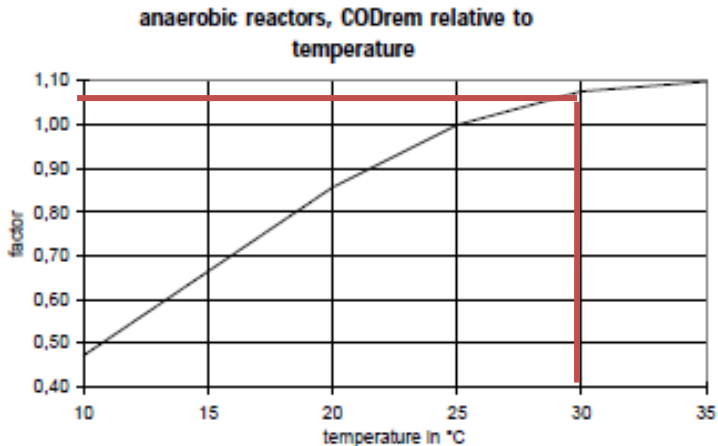
$$= 0,17 \text{ m/detik}$$

3. Penyisihan kompartemen AF

Berdasarkan Sasse (1998), hal-hal yang diperhatikan dalam perhitungan efisiensi penyisihan pada kompartemen *anaerobic filter* adalah sebagai berikut.

a. Faktor temperatur (f_{temp})

Pada perencanaan ini, suhu air limbah yang akan diolah adalah 30°C. Berdasarkan Sasse (2009), pengolahan anaerobik akan berjalan optimal pada suhu 25°C – 35°C. Hubungan suhu dengan penyisihan COD dapat dilihat pada Gambar 4.16. Berdasarkan gambar tersebut diperoleh f_{temp} sebesar 1,1 untuk suhu 30°C.

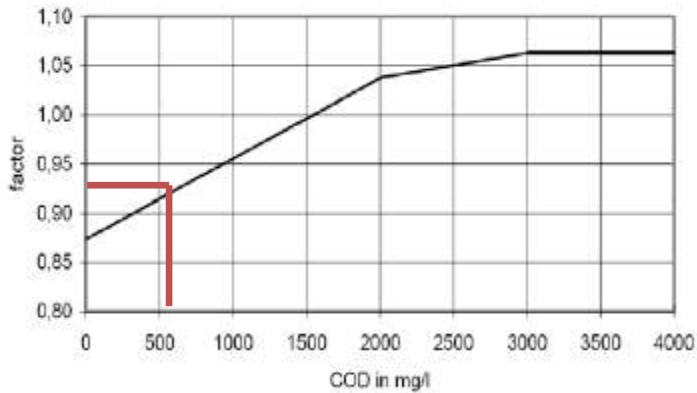


Gambar 4.16 Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan Suhu
Sumber: Sasse (2009)

b. Faktor *strength* (f_{strength})

Perhitungan efisiensi penyisihan pada pengolahan *anaerobic filter* memperhatikan beban air limbah yang akan diolah. Hubungan antara beban polutan (CODin) dan efisiensi penyisihan dapat dilihat pada Gambar 4.17. Berdasarkan Gambar 4.17, f_{strength} sebesar 0,934.

anaerobic filter, CODrem in relation to wastewater strength

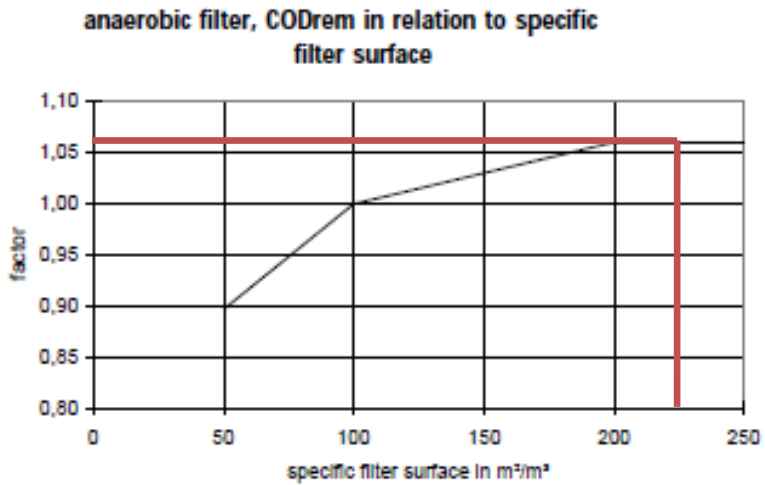


Gambar 4.17 Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan CODin

Sumber: Sasse (2009)

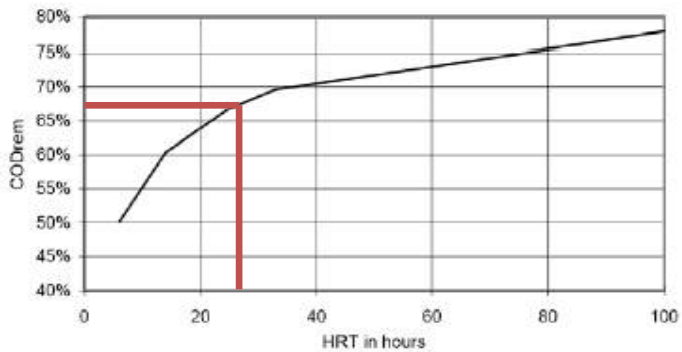
c. Faktor luas permukaan media ($f_{surface}$)

Pengolahan *anaerobic filter* berhubungan erat dengan kontak media yang digunakan. Semakin besar luas media akan meningkatkan efisiensi dari pengolahan. Hubungan luas permukaan media dengan penyisihan COD dapat dilihat pada Gambar 4.18. Grafik tersebut menunjukkan nilai $f_{surface}$ untuk luas permukaan media $226 \text{ m}^2/\text{m}^3$ adalah 1,06.



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan Luas Permukaan Media

Sumber: Sasse (2009)



Gambar 4.19 Grafik Hubungan Penyisihan COD dengan HRT

Sumber: Sasse (2009)

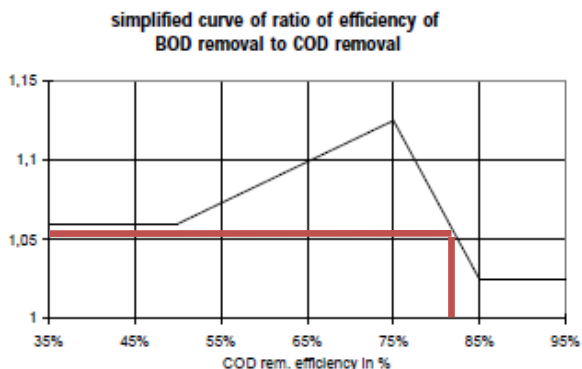
d. Faktor waktu tinggal hidrolis (f_{HRT})

Waktu tinggal hidrolis (HRT) menentukan lamanya kontak antara organisme dengan polutan dalam pengolahan air limbah. Hubungan penyisihan COD dengan waktu tinggal hidrolis dapat dilihat pada Gambar 4.19. HRT yang direncanakan dalam *anaerobic filter* adalah 24 jam. Berdasarkan Gambar 4.19, f_{HRT} untuk HRT 24 jam sebesar 0,67.

Berdasarkan faktor-faktor yang diperhatikan untuk mendapat efisiensi penyisihan pada *anaerobic filter*, maka persen penyisihan untuk COD adalah:

$$\begin{aligned}\%RCOD &= f\text{-temp} \times f\text{-strength} \times f\text{-surface} \times f\text{-HRT} \times (1+(n \times 0,04)) \\ &= 1,1 \times 0,934 \times 1,06 \times 0,67 \times (1+(3 \times 0,04)) \\ &= 82\% \\ COD_{eff} \text{ AF} &= COD_{in} \text{ AF} \times (1 - \%RCOD) \\ &= 751.59 \text{ mg/L} \times (1 - 82\%) \\ &= 137 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Penyisihan BOD didapat dengan faktor BOD/COD yang didapatkan berdasarkan Gambar 4.20 yang menjelaskan hubungan penyisihan COD dan penyisihan BOD. Faktor BOD/COD yang didapat untuk persen penyisihan COD sebesar 82% adalah 1,058.



Gambar 4.20 Grafik Hubungan Efisiensi Removal BOD dan COD
Sumber: Sasse (2009)

$$\begin{aligned}
 \%RBOD &= \text{CODrem total} \times f\text{-BOD/COD rem} \\
 &= 82\% \times 1,058 \\
 &= 86\% \\
 BOD_{\text{eff}} \text{ AF} &= BOD_{\text{in}} \text{ AF} \times (1 - \%RBOD) \\
 &= 451,18 \text{ mg/L} \times (1 - 86\%) \\
 &= 61,17 \text{ mg/L} \\
 \%RTSS &= 0,42 \times \%RCOD \\
 &= 0,42 \times 82\% \\
 &= 34\% \\
 TSS_{\text{eff}} \text{ AF} &= TSS_{\text{in}} \text{ AF} \times (1 - \%RTSS) \\
 &= 63,98 \text{ mg/L} \times (1 - 34\%) \\
 &= 42,03 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

C. Produksi Biogas

Diasumsi 70% CH₄ dan 50% larut

$$\begin{aligned}
 \text{CH}_4 \text{ dari AF} &= (\text{COD}_{\text{in}} \text{ AF} - \text{COD}_{\text{out}} \text{ AF}) \times Q_{\text{in}} \times \text{produksi} \\
 &\quad \text{methan} / 1000 / 70\% \times 50\% \\
 &= (751,59 \text{ mg/L} - 137 \text{ mg/L}) \times 224,64 \text{ m}^3/\text{hari} \times \\
 &\quad 0,35 \text{ m}^3/\text{kgCOD} / 1000 / 0,7 \times 0,5 \\
 &= 34,49 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

D. Produksi Energi

$$\begin{aligned}
 \text{Konten energi pada } 0^\circ\text{C} \text{ (E } 0^\circ\text{C)} &= 38.846 \text{ kJ/m}^3 \\
 &\quad \text{(Metcalf dan Eddy, 2014)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Konten energi } 30^\circ\text{C} \text{ (E } 30^\circ\text{C)} &= E_{0^\circ\text{C}} \left(\frac{(273,15+0)}{(273,15+30)} \right) \\
 &= 38.846 \text{ kJ/m}^3 \left(\frac{(273,15+0)}{(273,15+30)} \right) \\
 &= 35001,76 \text{ kJ/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi energi } 30^\circ\text{C} &= E_{30^\circ\text{C}} \times \text{Total CH}_4 \\
 &= 35001,76 \text{ kJ/m}^3 \times 34,49 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 1,2 \times 10^6 \text{ kJ/hari}
 \end{aligned}$$

Unit pengolahan *anaerobic filter* terdiri dari tiga kompartemen *anaerobik filter*. Pada perencanaan ini direncanakan *anaerobic filter* sebanyak 2 unit yang dibangun secara parallel agar beban tiap unit tidak terlalu besar. Berdasarkan perhitungan detail didapatkan dimensi *anaerobic filter* sebesar 3m x 7,8m x 3m dengan freeboard 0,3 m dan jumlah kompartemen 3 buah. Umumnya pengolahan anaerobik menghasilkan gas dari methan yang terbentuk. Produksi gas dari pengolahan *anaerobic filter* untuk setiap unitnya sebanyak 33

m³/hari Unit anaerobik filter akan dikombinasi dengan unit aerobik filter dengan menambahkan 1 kompartemen.

4.4.5 Aerobik Filter

Unit *aerobic filter* akan yang dikombinasikan dengan unit anaerobik filter. Kombinasi dilakukan dengan menambah satu kompartemen yang dilengkapi dengan aerator pada rangkaian unit anaerobik filter. Direncanakan dimensi aerobik filter sama dengan dimensi kompartemen anaerobik filter dengan media yang sama, yaitu sarang tawon berbahan plastik. Unit Karakteristik air limbah yang akan diolah dalam unit aerobik filter adalah:

Debit = 224,64 m³/hari

[BOD]_{in} = 61,17 mg/L

[COD]_{in} = 137,45 mg/L

[TSS]_{in} = 42,02 mg/L

T = 30°C

Kriteria Desain

Kecepatan upflow (v_{up}) = <2 m/jam (Sasse, 2009)

HRT = (6 - 8) jam (Kementrian Kesehatan, 2011)

Perhitungan untuk satu unit

A. Dimensi aerobik filter

Tinggi (H) = H anaerobik filter
= 3 m

Lebar (L) = L anaerobik filter
= 7,8 m

Panjang (P) = P anaerobik filter
= 3 m

Cek HRT = V / Q
= $(3\text{m} \times 7,8 \times 3\text{m}) / 234,64 \text{ m}^3/\text{hari}$
= 0,31 hari
= 7,5 jam

Cek v_{up} = Q / A
= $224,64 \text{ m}^3/\text{hari} / (3\text{m} \times 7,8\text{m})$
= 0,4 m/jam

Pipa outlet (menuju badan air)

Q_{eff} = 0,0026 /detik

v asumsi = 0,4 m/detik

Apipa = Q_{eff}/Apipa

$$= 0,0026 \text{ /detik} / 0,4 \text{ m/detik}$$

$$= 0,0065 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jari - jari (R)} &= \sqrt{\frac{A_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,0065}{3,14}} \\ &= 0,046 \text{ m} = 46 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 2 \times 46 \text{ mm} \\ &= 92 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m} \end{aligned}$$

B. Efisiensi penyisihan dianggap sama dengan penyisihan polutan pada setiap kompartemen *anaerobic filter*. Efisiensi pada unit *aerobic filter* pada kombinasi *anaerobic aerobic filter* berdasarkan Said (2005) adalah:

$$\% \text{RBOD}_5 = 7\%$$

$$\% \text{RCOD} = 10\%$$

$$\% \text{RTSS} = 6\%$$

$$\begin{aligned} [\text{BOD}_5]_{\text{rem}} &= [\text{BOD}_5]_{\text{in}} \times \% \text{RBOD}_5 \\ &= 61,17 \text{ mg/L} \times 7\% \\ &= 4,28 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{BOD}_5]_{\text{ef}} &= [\text{BOD}_5]_{\text{in}} - [\text{BOD}_5]_{\text{rem}} \\ &= 56,89 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{COD}]_{\text{rem}} &= [\text{COD}]_{\text{in}} \times \% \text{RCOD} \\ &= 137,45 \text{ mg/L} \times 10\% \\ &= 13,75 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{COD}]_{\text{ef}} &= [\text{COD}]_{\text{in}} - [\text{COD}]_{\text{rem}} \\ &= 123,7 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{TSS}]_{\text{rem}} &= [\text{TSS}]_{\text{in}} \times \% \text{RTSS} \\ &= 42,025 \text{ mg/L} \times 6\% \\ &= 2,52 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{TSS}]_{\text{ef}} &= [\text{TSS}]_{\text{in}} - [\text{TSS}]_{\text{rem}} \\ &= 39,5 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

C. Produksi lumpur

Data perhitungan (Metcalf, 2003):

$$Y = 0,4 \text{ gVSS/gBOD}$$

$$K_d = 0,06 \text{ /hari}$$

$$\text{SRT} = 3 \text{ hari}$$

$$\text{VSS} = 515 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} Y_{\text{obs}} &= \frac{Y}{1 + (K_d \times \text{SRT})} \\ &= \frac{0,4}{1 + (0,06 \times 3)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,339 \text{ g/g} \\
 Px &= Y_{obs} \times Q \times (S_o - S) \\
 &= 0,339 \times 224,64 \text{ m}^3/\text{hari} \times (10\% \times 137,45 \text{ mg/L})/1000 \\
 &= 1,05 \text{ kg/hari} \\
 Q_w &= Px / (50\% \text{ VSS}) \\
 &= 1,05 \text{ kg/hari} \times 1000 / (50\% \times 515 \text{ g/m}^3) \\
 &= 4,06 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Pipa dan pompa lumpur

$$\begin{aligned}
 Q_w &= 3,14 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,000047 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 v \text{ asumsi} &= 1 \text{ m/detik} \\
 A \text{ pipa} &= Q_w / v \\
 &= 0,000047 \text{ m}^3/\text{detik} / 1 \text{ m/detik} \\
 &= 0,000047 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jari-jari (r)} &= \sqrt{\frac{A_{\text{pipa}}}{3,14}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,000047}{3,14}} \\
 &= 0,0039 \text{ m} \\
 &= 3,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter} &= 2 \times 3,9 \text{ mm} \\
 &= 7,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter digunakan (D)} &= 26 \text{ mm} \\
 &= 0,036 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{suction}} &= 1 \text{ m} \\
 H_{L_{\text{suction}}} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{0,145 \text{ L/detik}}{0,00155 \times 120 \times 2,6^{2,63}} \right)^{1,85} \times 1 \text{ m} \\
 &= 0,00075 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$L_{\text{discharge}} = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_{L_{\text{discharge}}} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{0,145 \text{ L/detik}}{0,00155 \times 120 \times 2,6^{2,63}} \right)^{1,85} \times 5 \text{ m} \\
 &= 0,004 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$H_{\text{static}} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head pompa} &= 2 \text{ m} + 0,00075 \text{ m} + 0,004 \text{ m} \\
 &= 2,0045 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya pompa

Efisiensi pompa direncanakan 75%, maka Whp:

$$\begin{aligned} \text{Whp} &= \frac{\rho \times Q \times H}{75} \\ &= \frac{992 \times 0,000047 \text{ m}^3/\text{detik} \times 2,0045}{75} \times 746 \\ &= 0,93 \text{ W} \end{aligned}$$

Apabila efisiensi pompa 70%, maka besar daya pompa:

$$\text{Bhp} = \frac{\text{Whp}}{\eta} = \frac{0,93}{0,7} = 1,33 \text{ W}$$

D. Kebutuhan oksigen

$$\text{BOD}_5 / \text{BOD}_u = 0,68$$

$$\begin{aligned} 1. \text{Keb. O}_2 \text{ teoritis} &= \frac{Y_{\text{obs}} \times (S_0 - S)}{\text{BOD}_5 / \text{BOD}_u} - (1,42 \times P_x) \\ &= \frac{0,339 \times (10\% \times 137,45 \text{ mg/L})}{0,68} - (1,42 \times 1,05) \\ &= 8,05 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

2. *Standard Oxygen Requirement (SOR)*

$$\text{SOR} = \frac{N}{\alpha \frac{(c'_{\text{sw}} \times \beta \times F_a - c)}{c_{\text{sw}}} (1,024^{T-20})}$$

dimana:

$$N = \text{Keb. O}_2 \text{ teoritis}$$

$$= 8,275 \text{ kg/hari}$$

$$\alpha = \text{rasio transfer oksigen}$$

$$= 0,9$$

$$c'_{\text{sw}} = \text{konsentrasi O}_2 \text{ pada suhu terukur (30°C)}$$

$$= 7,63 \text{ mg/L}$$

$$\beta = \text{rasio saturasi air limbah terhadap saturasi air}$$

$$= 0,9 \quad (\text{Qasim, 1985})$$

$$F_a = \text{faktor koreksi kelarutan O}_2 \quad \left(1 - \frac{1}{9450} = 1\right) \quad (\text{Metcalf dan Eddy, 2003})$$

$$c_{\text{sw}} = \text{konsentrasi O}_2 \text{ pada suhu standar (20°C)}$$

$$= 9,08 \text{ mg/L}$$

$$c = \text{DO minimum}$$

$$= 1,5 \text{ mg/L} \quad (\text{Qasim, 1985})$$

$$\text{SOR} = \frac{8,05}{0,9 \frac{(7,63 \times 0,9 \times 1 - 1,5)}{9,08} (1,024^{30-20})} = 16,72 \text{ kg/hari}$$

3. Volume udara dibutuhkan

Asumsi:

$$\text{Berat jenis udara} = 1,201 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
\text{O}_2 \text{ dalam udara} &= 21\% \\
\text{Efisiensi aerator (E)} &= 8\% \quad (\text{Qasim, 1985}) \\
\text{Udara yang disediakan} &= 150\% \quad (\text{Qasim, 1985}) \\
\text{Sehingga} \\
\text{Vol. udara teoritis} &= \text{SOR} / (\text{O}_2 \text{ dalam udara} \times \rho_{\text{udara}}) \\
&= 16,72 \text{ kg/hari} / (21\% \times 1,201 \text{ kg/m}^3) \\
&= 66,3 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Udara yang dibutuhkan} &= \text{Vol. teoritis} / E \\
&= 66,3 \text{ m}^3/\text{hari} / 8\% \\
&= 828,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Total kebutuhan udara} &= \text{Udara disediakan} \times \text{udara} \\
&\quad \text{dibutuhkan} \\
&= 150\% \times 828,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 1242,73 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Volume udara yang di suplai per m}^3 \text{ air (Vol / m}^3 \text{ air)} \\
\text{Vol / m}^3 \text{ air} &= \text{Total keb. udara} / Q_{in} \\
&= 1242,73 \text{ m}^3/\text{hari} / 224,64 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 5,5 \text{ m}^3/\text{m}^3
\end{aligned}$$

E. Diffuser

Direncanakan:

Aerasi menggunakan sistem *fine bubble air diffuser*

Diameter *diffuser* adalah 320 mm

Volume aerobik filter sebesar 69,94 m³

1. Jumlah difuser (n)

$$\begin{aligned}
\text{Kapasitas diffuser} &= 11 \text{ m}^3/\text{jam} \\
n &= \text{Total keb. udara} / \text{Kapasitas diffuser} \\
&= 1242,73 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam} / 11 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 4,71 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}
\end{aligned}$$

2. Total kapasitas transfer oksigen diffuser dengan air limbah (Total transfer O₂)

$$\begin{aligned}
\text{Total transfer O}_2 &= n \times \text{kapasitas diffuser} \\
&= 5 \text{ buah} \times 11 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 55 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 1320 \text{ m}^3/\text{hari} \quad (\text{kapasitas diffuser mampu} \\
&\quad \text{mentransfer oksigen sesuai total} \\
&\quad \text{kebutuhan udara})
\end{aligned}$$

3. Power pada blower

$$\begin{aligned}
\text{Efisiensi blower} &= 75\% \\
\text{Power pada blower (P}_w\text{)} &
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_w &= (w_x R_x T_1) / (29,7 \times n_x e) \times (((p_2/p_1)^{0,283} - 1) \\
 &= \frac{11 \frac{m^3}{jam} \times 1,201 \frac{kg}{m^3} \times 8,314 \frac{Kj}{mol} \times 301 \text{ } ^\circ K}{29,7 \times 0,283 \times 75\% \times 3600} \times \left[\left(\frac{1,57}{1} \right)^{0,283} - 1 \right] \\
 &= 0,195 \text{ Kw/diffuser}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_w \text{ per hari} &= P_w \times n \\
 &= 0,195 \times 5 \text{ buah} = 0,98 \text{ kw/hari}
 \end{aligned}$$

Pada kompartemen unit aerobik filter digunakan difuser tipe Ecoflex-316CV untuk aerasi sebanyak 5 buah dengan kapasitas 11 m³/jam. Jumlah diffuser yang dibutuhkan adalah 5 buah yang mampu memenuhi kebutuhan oksigen sebanyak 1242,73 m³/hari. Gambar desain unit anaerobik–aerobik filter dapat dilihat pada Gambar 4.21 sampai Gambar 4.23.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Tempak Atas Kombinasi
Anaerobik-Aerobik Filter

LEGENDA

 BETON

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

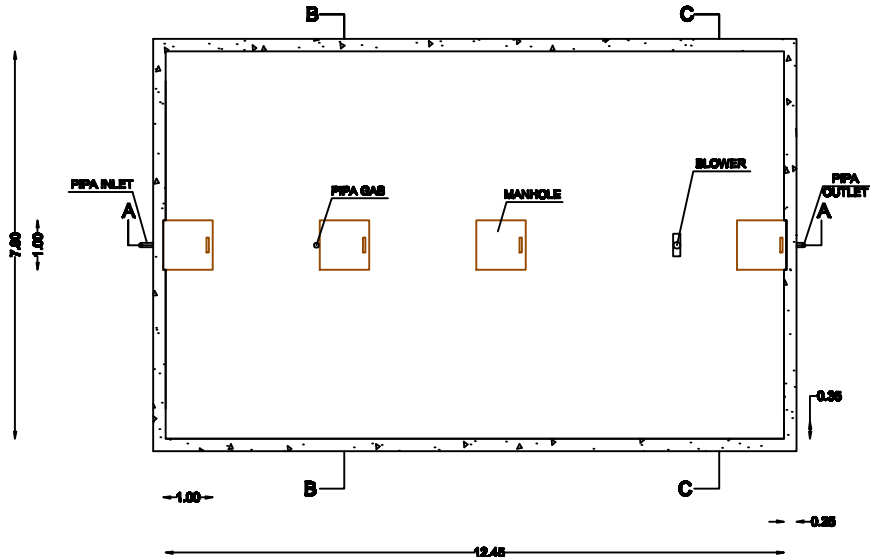
ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 100

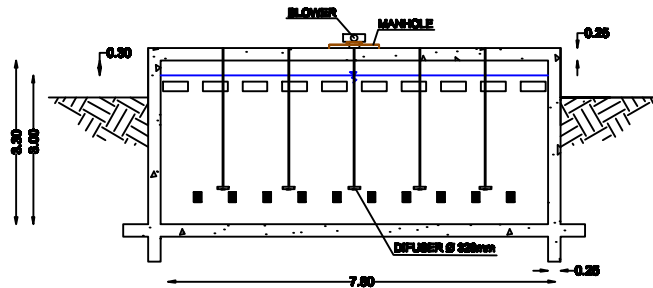
NO. GAMBAR

Gambar 4.21

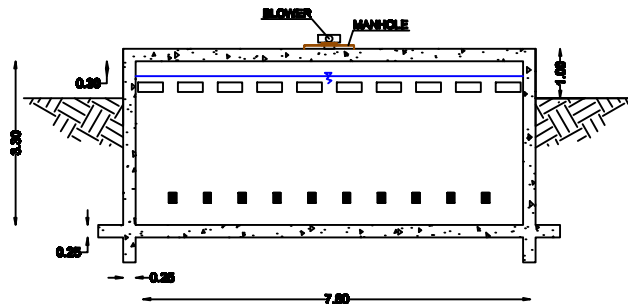


TAMPAK ATAS
SKALA 1:100





POTONGAN B - B
SKALA 1:100



POTONGAN C - C
SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Potongan B - B dan Potongan C - C
Kombinasi Anaerobik-Aerobik Filter

LEGENDA

-  **BETON**
-  **TANAH**
-  **MUKA AIR**

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT,MPHil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR

Gambar 4.23

4.4.6 Mass Balance

Perhitungan kesetimbangan massa atau *mass balance* diperlukan untuk mengetahui proses yang terjadi pada setiap unit. Kesetimbangan massa pengolahan air limbah peternakan sapi perah dan industri tahu adalah sebagai berikut.

Influen:

$$\begin{aligned}\text{Debit (Qin)} &= 345,60 \text{ m}^3/\text{hari} \\ [\text{BOD}_5]_{\text{in}} &= 1702,965 \text{ mg/L} \\ [\text{COD}]_{\text{in}} &= 4143,082 \text{ mg/L} \\ [\text{TSS}]_{\text{in}} &= 1053,75 \text{ mg/L} \\ \text{MBOD}_{\text{in}} &= \text{Qin} \times [\text{BOD}]_{\text{in}} \\ &= 356,40 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1702,965 \text{ mg/L} / 1000 \\ &= 588,54 \text{ kg/hari} \\ \text{MCOD}_{\text{in}} &= \text{Qin} \times [\text{COD}]_{\text{in}} \\ &= 356,40 \text{ m}^3/\text{hari} \times 4143,082 \text{ mg/L} / 1000 \\ &= 1431,85 \text{ kg/hari} \\ \text{MTSS}_{\text{in}} &= \text{Qin} \times [\text{TSS}]_{\text{in}} \\ &= 356,40 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1053,75 \text{ mg/L} / 1000 \\ &= 364,18 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

UASB:

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi penyisihan BOD} &= 74\% \\ \text{Efisiensi penyisihan COD} &= 82\% \\ \text{Efisiensi penyisihan TSS} &= 94\% \\ \text{MBOD}_{\text{rem}} &= 588,54 \text{ kg/hari} \times 74\% &= 432,62 \text{ kg/hari} \\ \text{MCOD}_{\text{rem}} &= 1431,85 \text{ kg/hari} \times 82\% &= 1172,1 \text{ kg/hari} \\ \text{MTSS}_{\text{rem}} &= 364,18 \text{ kg/hari} \times 94\% &= 342,06 \text{ kg/hari} \\ \text{MBOD}_{\text{eff}} &= \text{MBOD} - \text{MBOD}_{\text{rem}} \\ &= 588,54 \text{ kg/hari} - 432,62 \text{ kg/hari} \\ &= 155,93 \text{ kg/hari} \\ \text{MCOD}_{\text{eff}} &= \text{MCOD} - \text{MCOD}_{\text{rem}} \\ &= 1431,85 \text{ kg/hari} - 1172,1 \text{ kg/hari} \\ &= 259,75 \text{ kg/hari} \\ \text{MTSS}_{\text{eff}} &= \text{MTSS} - \text{MTSS}_{\text{rem}} \\ &= 364,18 \text{ kg/hari} - 342,06 \text{ kg/hari} \\ &= 22,12 \text{ kg/hari} \\ \text{Produksi gas methan} &= 455,29 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{hari} \\ \text{Produksi Lumpur} &= 1,005 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

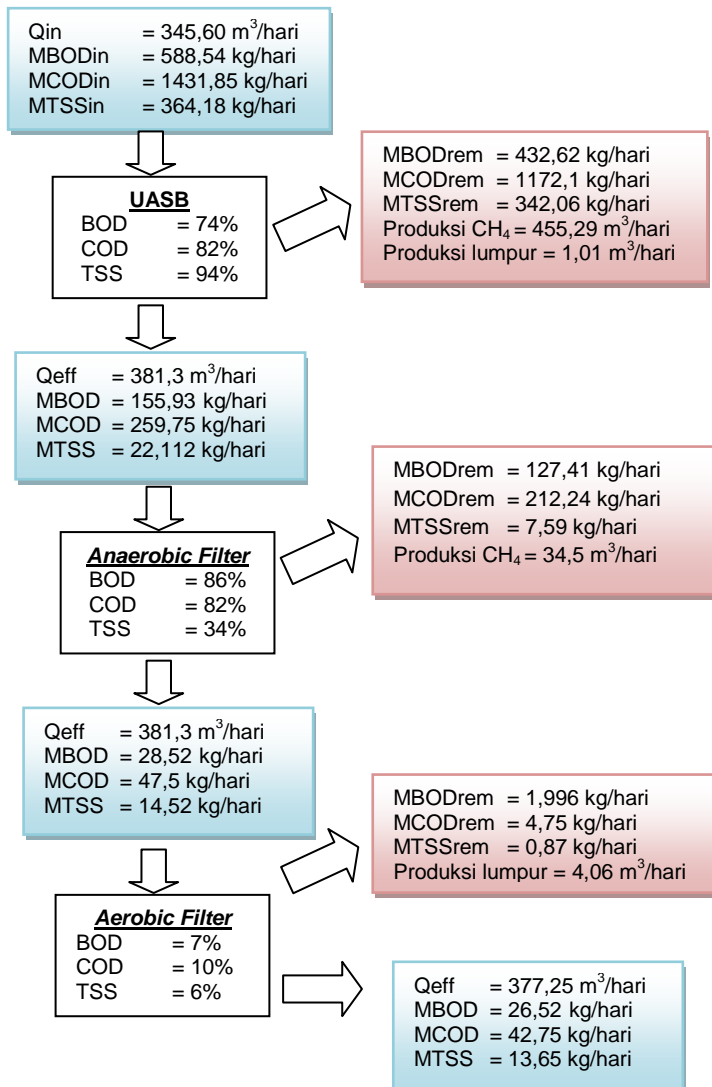
Anaerobic Filter:

$$\text{Efisiensi penyisihan BOD} = 86\%$$

Efisiensi penyisihan COD = 82%
 Efisiensi penyisihan TSS = 34%
 MBOD in = 155,93 kg/hari
 MCOD in = 259,75 kg/hari
 MTSS in = 22,112 kg/hari
 MBOD rem = 155,93 kg/hari x 86% = 127,41 kg/hari
 MCOD rem = 259,75 kg/hari x 82% = 212,24 kg/hari
 MTSS rem = 22,112 kg/hari x 34% = 7,59 kg/hari
 MBOD eff = MBODin – MBOD rem
 = 155,93 kg/hari – 127,41 kg/hari
 = 28,52 kg/hari
 MCOD eff = MCODin – MCOD rem
 = 259,75 kg/hari – 212,24 kg/hari
 = 47,5 kg/hari
 MTSS eff = MTSSin – MTSS rem
 = 22,112 kg/hari – 7,59 kg/hari
 = 14,52 kg/hari
 Produksi gas metan = 34,49 m³/hari

Aerobic Filter:

Efisiensi penyisihan BOD = 7%
 Efisiensi penyisihan COD = 10%
 Efisiensi penyisihan TSS = 6%
 MBOD in = 28,52 kg/hari
 MCOD in = 47,5 kg/hari
 MTSS in = 14,52 kg/hari
 MBOD rem = 28,52 kg/hari x 7% = 1,996 kg/hari
 MCOD rem = 47,5 kg/hari x 10% = 4,75 kg/hari
 MTSS rem = 14,52 kg/hari x 6% = 0,87 kg/hari
 MBOD eff = MBODin – MBOD rem
 = 28,52 kg/hari – 1,996 kg/hari = 26,52 kg/hari
 MCOD eff = MCODin – MCOD rem
 = 47,5 kg/hari – 4,75 kg/hari = 42,75 kg/hari
 MTSS eff = MTSSin – MTSS rem
 = 14,52 kg/hari – 0,87 kg/hari = 13,65 kg/hari
 Produksi lumpur = 4,06 m³/hari
 Skema *mass balance* dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Skema *Mass Balance*

4.4.7 Profil Hidrolis

Profil hidrolis merupakan gambaran level muka air pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Profil hidrolis ditentukan berdasarkan penurunan level muka air. Profil hidrolis didapatkan dengan persamaan *headloss* dalam bangunan, pipa, dan media filter pada tiap unit yang direncanakan. Hal-hal yang menyebabkan penurunan level muka air antara lain:

A. *Headloss* akibat kecepatan aliran di unit IPAL

Headloss akibat kecepatan didapatkan berdasarkan persamaan *Darcy-Weisbach*, yaitu:

$$H_f = f \times \frac{P}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \quad (4.1)$$

dimana: $f = 1,5 \times \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{4R} \right)$

P = panjang bangunan (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

v = kecepatan aliran = 0,33 m/detik

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/detik

B. *Headloss* akibat melewati media filter

Headloss akibat media filter didapatkan berdasarkan persamaan turunan dari Carman Kozeny (Marsono, 1995), yaitu:

$$H_f = 8,9 \times 10^{-5} \times v \times D^{-2} \quad (4.2)$$

dimana: v = kecepatan aliran = 0,33 m/detik

D = diameter/tebal media (mm)

$$= 0,05 \text{ m}$$

C. *Headloos* akibat jatuhan dan belokan

Perhitungan *headloss* akibat jatuhan dan belokan didasarkan pada persamaan Manning. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$H_f = \left(\frac{v \times n}{1,48 R^{2/3}} \right)^2 \times L \quad (4.3)$$

dimana: v = kecepatan aliran = 0,33 m/detik

n = kekasaran beton = 0,013

R = jari-jari hidrolis (m)

L = panjang jatuhan atau belokan (m)

Perhitungan profil hidrolis pada perencanaan IPAL untuk setiap unit yang direncanakan adalah sebagai berikut.

Unit Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

Headloss kecepatan

$$\text{Panjang (b)} = 6,6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (y)} = 3,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{b \times y}{b+2y} \\ &= \frac{6,6\text{m} \times 3,3\text{m}}{6,6\text{m} + (2 \times 3,3\text{m})} \\ &= 1,65 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f &= 1,5 \times \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{1,65} \right) \\ &= 0,03\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Headloss (H}_L\text{)} &= f \times \frac{6,6\text{m}}{4(1,65\text{m})} \times \frac{0,33^2}{2(9,81)} \\ &= 0,0002 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Elevasi muka air awal} = 17,5 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi muka air akhir} = \text{Elevasi muka air awal} - H_L$$

$$= 17,5 \text{ m} - 0,0002 \text{ m}$$

$$= 17,4998 \text{ m}$$

Unit Anaerobik-Aerobik Filter

Kompartemen 1

$$\text{Panjang (b)} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (y)} = 7,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{b \times y}{b+2y} \\ &= \frac{3\text{m} \times 7,8\text{m}}{3\text{m} + (2 \times 7,8\text{m})} \\ &= 1,26 \text{ m}\end{aligned}$$

Headloss Jatuhan

$$\text{Panjang jatuhan} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}H_L &= \left(\frac{0,33 \times 0,013}{1 \times 1,26^{2/3}} \right)^2 \times 3\text{m} \\ &= 0,0095 \text{ m}\end{aligned}$$

Headloss Belokan

$$\text{Panjang belokan} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}H_L &= \left(\frac{0,33 \times 0,013}{1 \times 1,26^{2/3}} \right)^2 \times 3\text{m} \\ &= 0,0095 \text{ m}\end{aligned}$$

Headloss Media Filter

$$\begin{aligned}H_L &= 8,9 \times 10^{-5} \times v \times D^{-2} \\ &= 0,012 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{L\text{ TOTAL}} &= HL \text{ jatuhan} + HL \text{ belokan} + HL \text{ media filter} \\
 &= 0,0095 \text{ m} + 0,0095 \text{ m} + 0,012 \text{ m} \\
 &= 0,031 \text{ m}
 \end{aligned}$$

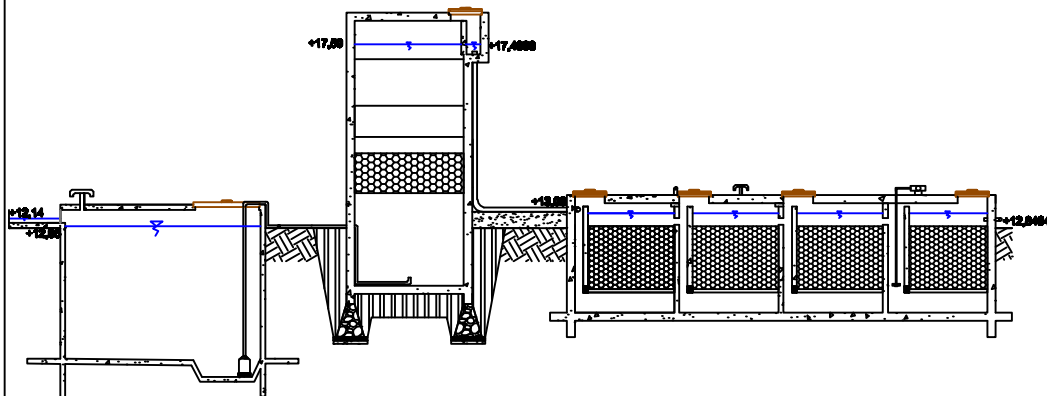
$$\text{Elevasi muka air awal} = 13,00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi muka air akhir} &= \text{Elevasi muka air awal} - H_{L\text{ TOTAL}} \\
 &= 13,00 \text{ m} - 0,0307 \text{ m} \\
 &= 12,9693 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Hasil lengkap perhitungan headloss dapat dilihat pada Tabel 4.12. Gambar sketsa muka air dapat dilihat pada Gambar 4.25.

Tabel 4.12 Perhitungan Profil Hidrolis

Bangunan	Jenis Headloss	H_L (m)	Elevasi Muka Air (m)	
			17,5	
UASB	Headloss kecepatan	0,00017	17,4998	0,00017
Anaerobik-Aerobik filter			13,0000	
Kompartemen 1	Headloss jatuhan	0,0095	12,9905	
	Headloss belokan	0,0095	12,9810	
	Headloss media filter	0,0117	12,9693	
Kompartemen 2	Headloss jatuhan	0,0095	12,9598	
	Headloss belokan	0,0095	12,9503	
	Headloss media filter	0,0117	12,9386	
Kompartemen 3	Headloss jatuhan	0,0095	12,9291	
	Headloss belokan	0,0095	12,9196	
	Headloss media filter	0,0117	12,9079	
Kompartemen 4	Headloss jatuhan	0,0095	12,8984	
	Headloss belokan	0,0095	12,8889	
	Headloss media filter	0,0117	12,8771	
Kompartemen 5	Headloss jatuhan	0,0095	12,8677	
	Headloss belokan	0,0095	12,8582	
	Headloss media filter	0,0117	12,8464	0,1536



PROFIL HIDROLIS IPAL
SKALA 1:150



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis IPAL

LEGENDA

- BETON**
- TANAH**
- MUKA AIR**
- PASIR DIPADATKAN**
- TANAH URUG**
- BATU KALI**
- ANSTAMPING**

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042005011001

SKALA

1 : 150

NO. GAMBAR

Gambar 4.25

4.4.8 Unit Pengolahan Lumpur

Pada perencanaan ini, lumpur yang dihasilkan dari unit UASB dan kombinasi *anaerobic-aerobic filter* akan diolah dengan pengolahan lumpur guna menurunkan kadar air. Pengolahan lumpur yang dapat digunakan, antara lain *sludge drying bed* berfungsi sebagai penampung lumpur dan dapat mengurangi kadar air dalam lumpur dengan proses penguapan. Lumpur juga dapat diolah dengan anaerobik digester yang dapat memproduksi biogas dan kompos. Perhitungan pengolahan lumpur dengan SDB disesuaikan dengan kriteria desain yang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Kriteria Desain Unit SDB

Parameter	Nilai	Satuan
Tebal lapisan lumpur	20 – 30	cm
Tebal lapisan pasir	20 – 30	cm
Tebal lapisan kerikil	20 – 40	cm
v air	1	m/detik
kadar solid	20 – 40	%
Kadar air dalam lumpur	60 – 70	%

Sumber: Qasim (1985)

Perhitungan unit pengolah lumpur dengan SDB adalah sebagai berikut.

Direncanakan

Bentuk SDB persegi panjang

Waktu pengeringan	=	30	hari
Jumlah bed	=	32	buah
Tebal lapisan kerikil	=	25	cm
Tebal lapisan pasir	=	25	cm
Tebal lapisan lumpur	=	30	cm
P : L	=	2 : 1	
Fb	=	0,3	m

Perhitungan

Volume lumpur	=	$V_{UASB} + V_{aerobik}$	
	=	9,13	m ³ /hari
Luas tiap bed	=	v lumpur / tebal lapisan lumpur	
	=	30,45	m ²
Lebar bed	=	$(A/2)^{0,5}$	
	=	3,9	m
Panjang bed	=	7,8	m

$$\begin{aligned}\text{Kedalaman total} &= h_{\text{lumpur}} + h_{\text{pasir}} + h_{\text{kerikil}} + fb \\ &= 1,1 \text{ m}\end{aligned}$$

Pipa Underdrain

Kecepatan air dalam underdrain = 1 m/detik

$$\begin{aligned}\text{A pipa underdrain} &= \frac{V \text{ lumpur}}{v} \\ &= \frac{86400 \times v}{0,00011} \text{ m}^2 \\ \text{D pipa underdrain} &= 0,012 \text{ m} \quad 12 \text{ mm} \\ \text{D digunakan} &= 22 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dimensi Pipa Lumpur

$$\begin{aligned}v \text{ lumpur} &= 1 \text{ m/s} \\ Q \text{ lumpur} &= 9,135 \text{ m}^3/\text{hari} \\ A \text{ Pipa Lumpur} &= 0,00011 \\ D &= 0,012 \text{ m} \quad 11,6 \text{ mm} \\ \text{D pipa digunakan} &= 26 \text{ mm}\end{aligned}$$

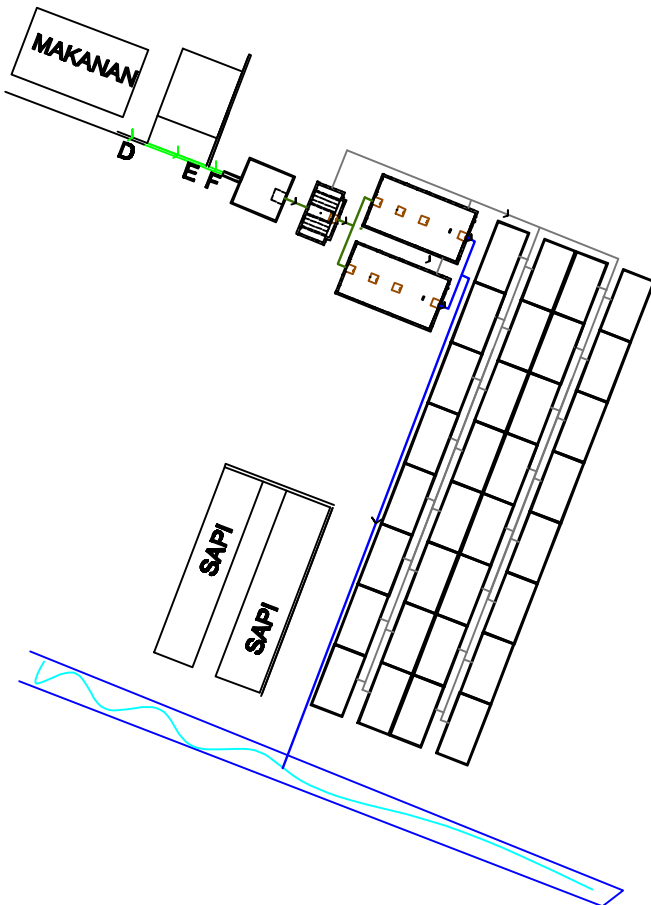
Selain SDB, pada perencanaan ini juga dihitung unit pengolah lumpur dengan anaerobik digester. Perhitungan desain anaerobik digester adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Debit lumpur (Q)} &= 9,13 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Suhu (T)} &= 30^\circ\text{C} \\ \text{Hrencana} &= 3 \text{ m} \\ Fb &= 0,5 \text{ m} \\ \text{HRT} &= 500/T = 16,7 \text{ hari} \\ \text{Volume digester (V)} &= Q \times \text{HRT} \\ &= 9,13 \text{ m}^3/\text{hari} \times 16,7 \text{ hari} = 152,25 \text{ m}^3 \\ \text{Luas permukaan (As)} &= V / \text{Hrencana} = 50,75 \text{ m}^2 \\ \text{Diameter (D)} &= \sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}} = 8,04 \text{ m}\end{aligned}$$

Dimensi Pipa Lumpur

$$\begin{aligned}v \text{ lumpur} &= 1 \text{ m/s} \\ Q \text{ lumpur} &= 9,135 \text{ m}^3/\text{hari} \\ A \text{ Pipa Lumpur} &= 0,00011 \\ D &= 0,012 \text{ m} \\ &= 11,6 \text{ mm} \\ \text{D pipa digunakan} &= 26 \text{ mm}\end{aligned}$$

Layout instalasi pengolahan air limbah yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.26 dan Gambar 4.27.



LAYOUT
SKALA 1:800



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Layout IPAL dengan SDB

LEGENDA

- PIPA AIR LIMBAH
- PIPA AIR HASIL PENGOLAHAN
- PIPA LUMPUR
- SALURAN AIR LIMBAH

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

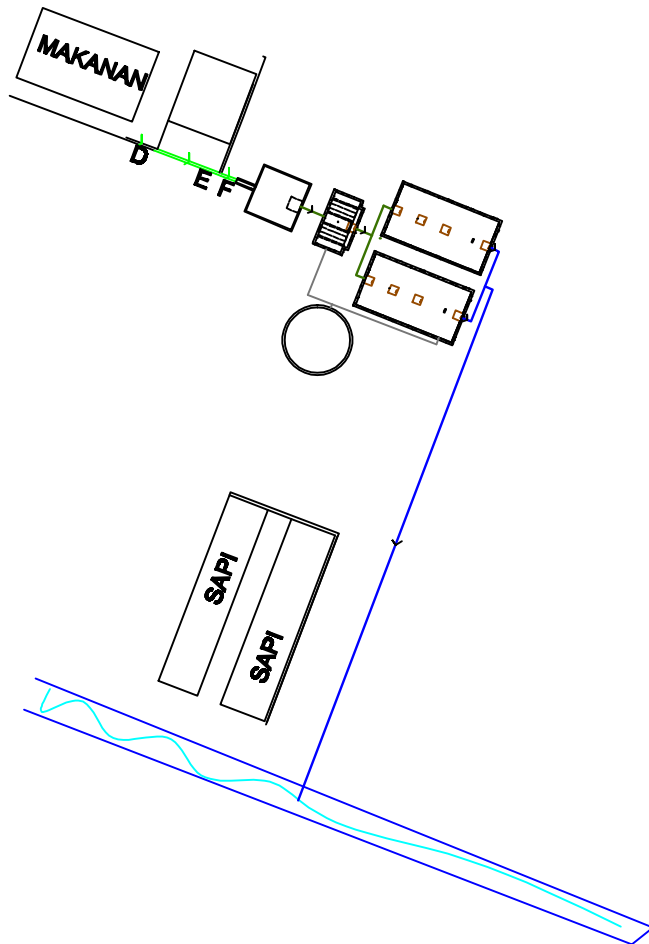
1 : 800

NO. GAMBAR

Gambar 4.26

MATA ANGIN





LAYOUT
SKALA 1:800



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
AIR LIMBAH KEGIATAN PETERNAKAN SAPI
PERAH DAN INDUSTRI TAHU

JUDUL GAMBAR

Layout IPAL dengan
Anaerobik Digester

LEGENDA

- PIPA AIR LIMBAH
- PIPA AIR HASIL PENGOLAHAN
- PIPA LUMPUR
- SALURAN AIR LIMBAH

NAMA MAHASISWA

RAHANI YUNANDA KUSUMADEWI
3313 100 111

DOSEN PEMBIMBING

ARSETO YEKTI BAGASTYO, ST,
MT, MPhil, PhD
198208042008011001

SKALA

1 : 800

NO. GAMBAR

Gambar 4.27

MATA ANGIN



4.5 BOQ dan RAB

Dalam merencanakan suatu instalasi pengolahan air limbah (IPAL) juga diperlukan informasi terkait biaya yang dibutuhkan. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) ditujukan untuk mengetahui jumlah biaya terkait perencanaan IPAL untuk kegiatan sapi perah dan industri tahu. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) didasarkan pada konstruksi unit, kebutuhan operasi dan perawatan. Pada perencanaan ini, *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) mengacu pada Daftar Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2015.

4.5.1 *Bill of Quantity* (BOQ)

Bill of quantity (BOQ) berisi uraian yang dibutuhkan untuk perhitungan rancangan anggaran biaya (RAB).

BAK EKUALISASI

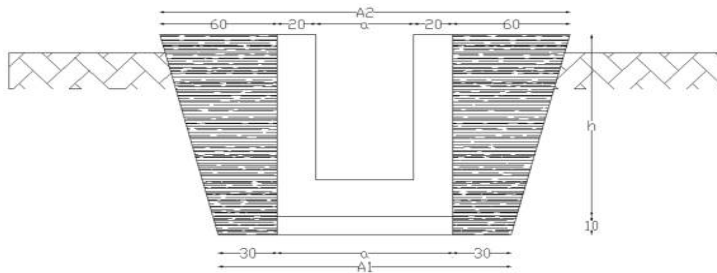
Diketahui:

Panjang (P)	=	5,91	m
Lebar (L)	=	5,91	m
Tinggi (H)	=	4,5	m
Tebal beton	=	0,15	m

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Volume galian} &= 1/2 \times (A1+A2) \times y \times P \\ y &= H + \text{tebal pasir (0,1m)} \\ \text{Vgalian} &= 1/2 \times ((0,6+0,15+5,9+0,15+0,6)+ \\ &\quad (0,3+5,9+0,3)) \times (4,5+0,1) \times 5,9 \\ &= 189,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Perhitungan volume galian mengacu sketsa pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Sketsa Galian

$$\begin{aligned}
 \text{Dinding beton} &= \text{Keliling} \times H \times \text{tebal beton} \\
 &= (5,9+5,9+5,9+5,9) \times 4,5 \times 0,15 \\
 &= 15,96 \text{ m}^3 \\
 \text{Lantai beton} &= P_{\text{dasar}} \times L \times \text{tebal beton} \\
 &= (5,91+0,5+0,5+(2 \times 0,25)) \times 5,91 \times 0,15 \\
 &= 42,6 \text{ m}^3 \\
 \text{Tutup beton} &= (P + 2 \times \text{tebal beton}) \times L \times \text{tebal beton} \\
 &= (5,91 + (2 \times 0,15)) \times 5,91 \times 0,15 \\
 &= 5,504 \text{ m}^3 \\
 \text{Pengurangan tanah} &= V_{\text{galian}} - V_{\text{bangunan}} \\
 &= 190,5 - ((2 \times \text{tebal beton} + 5,91) \times 5,91 \times 4,5) \\
 &= 24,06 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas lahan} &= (L + 2 \times \text{tebal beton} + (2 \times 0,6)) \times P \\
 &= (5,91 + (2 \times 0,15) + (2 \times 0,6)) \times 5,91 \\
 &= 43,78 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

UASB

Diketahui:

$$\text{Panjang (P)} = 6,60 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (L)} = 3,30 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 8 \text{ m}$$

$$\text{Tebal beton} = 0,25 \text{ m}$$

Perhitungan:

$$\text{Volume galian} = \frac{1}{2} \times (A_1 + A_2) \times y \times P$$

$$y = H_{\text{galian}} + \text{tebal pasir} (0,1 \text{ m})$$

$$H_{\text{galian}} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{galian}} &= \frac{1}{2} \times ((0,6+0,25+3,3+0,25+0,6) + (0,3+3,3+0,3)) \times (2+0,1) \times 6,6 \\
 &= 61,677 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dinding beton} &= \text{Keliling} \times H \times \text{tebal beton} \\
 &= (3,3+6,6+3,3+6,6) \times 8 \times 0,25 \\
 &= 39,6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lantai beton} &= P \times L \times \text{tebal beton} \\
 &= (6,6+2 \times \text{tebal beton}) \times 3,3 \times 0,25 \\
 &= 5,8575 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tutup beton} &= (P + 2 \times \text{tebal beton}) \times L \times \text{tebal beton} \\
 &= (6,6 + (2 \times 0,25)) \times 3,3 \times 0,25 \\
 &= 5,8575 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Pengurangan tanah} = V_{\text{galian}} - V_{\text{bangunan dalam tanah}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 61,677 - ((2 \text{tebal beton} + 6,6) \times 3,3 \times 2) \\
 &= 14,817 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas lahan} &= (L + 2 \text{tebal beton} + (2 \times 0,6)) \times P \\
 &= (3,3 + (2 \times 0,25) + (2 \times 0,6)) \times 6,6 \\
 &= 33 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Pondasi batu kali UASB

$$\begin{aligned}
 P \text{ bawah} &= L \text{ bawah} \\
 &= 1 \text{ m} \\
 P \text{ atas} &= 0,25 \text{ m} \\
 H &= 1 \text{ m} \\
 V \text{ pondasi} &= 4 \times (P \times L \times H - (1/3 \times 0,5 \times (P - 0,25) \times (L - 0,25) \times H)) \\
 &= 2,5 \text{ m}^3 \\
 \text{Anstamping} &= 4 \times P_{\text{bawah}} \times L \text{ bawah} \times \text{tebal anstamping} \\
 &= 4 \times 1 \times 1 \times 0,5 \\
 &= 2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Anaerobik-Aerobik Filter

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang (P)} &= 12,50 \text{ m} \\
 \text{Lebar (L)} &= 7,77 \text{ m} \\
 \text{Tinggi (H)} &= 3,3 \text{ m} \\
 \text{Tebal beton} &= 0,25 \text{ m} \\
 \text{Jumlah unit} &= 2 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume galian} &= 1/2 \times (A_1 + A_2) \times y \times P \\
 y &= H + \text{tebal pasir (0,1m)} \\
 \text{Vgalian} &= 1/2 \times ((0,6 + 0,25 + 12,5 + 0,25 + 0,6) + (0,3 + 12,5 + 0,3)) \times (3,3 + 0,1) \times 7,8 \times 2 \text{ unit} \\
 &= 721,2912 \text{ m}^3 \\
 \text{Dinding beton} &= \text{Keliling} \times H \times \text{tebal beton} \\
 &= (12,5 + 7,8 + 12,5 + 7,8) \times 3,3 \times 0,125 \times 2 \\
 &= 66,89384 \text{ m}^3 \\
 \text{Lantai beton} &= A_s \times \text{tebal beton} \\
 &= (12,5 + 0,5 + 0,5 + (2 \times 0,25)) \times 7,8 \times 0,25 \times 2 \\
 &= 50,51059 \text{ m}^3 \\
 \text{Tutup beton} &= (\text{Panaerob filter} + 2 \text{tebal beton}) \times L \times \text{tebal beton} \\
 &= (9,25 + (2 \times 0,25)) \times 7,8 \times 0,25 \times 2 \\
 &= 37,88294 \text{ m}^3 \\
 \text{Pengurugan tanah} &= \text{Vgalian} - \text{Vbangunan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 721,29 - (((2 \times 0,25) + 12,5) \times 7,8 \times 3,3) \times 2 \\
 &= 54,55 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Luas lahan} &= (L + 2 \text{tebal beton} + (2 \times 0,6)) \times P \\
 &= (7,8 + (2 \times 0,25) + (2 \times 0,6)) \times 12,5 \times 2 \\
 &= 220,6924 \quad \text{m}^2 \\
 \text{Media Filter} &= H \text{ media} \times P \text{ media} \times L \times \text{Jumlah} \\
 &\quad \text{kompartemen} \times \text{unit} \\
 \text{Media filter} &= 1,9\text{m} \times 2,35\text{m} \times 7,8 \times 4 \times 2 \text{ unit} \\
 &= 277,58 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan kebutuhan konstruksi unit-unit IPAL adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas lahan dibutuhkan} &= 297,5 \quad \text{m}^2 \\
 \text{Volume galian} &= 972,1 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Volume urugan} &= 93,42 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Pekerjaan beton} &= 270,7 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

Selain kebutuhan konstruksi untuk unit-unit IPAL, perlu dihitung kebutuhan konstruksi pengolahan lumpur. Perhitungan pengolahan lumpur adalah sebagai berikut.

Pengolahan Lumpur

A. Sludge Drying Bed

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang (P)} &= 7,80 \quad \text{m} \\
 \text{Lebar (L)} &= 3,90 \quad \text{m} \\
 \text{Tinggi (H)} &= 1,1 \quad \text{m} \\
 \text{Tebal beton} &= 0,15 \quad \text{m} \\
 \text{Jumlah unit} &= 32 \quad \text{unit}
 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume galian} &= 1/2 \times (A1 + A2) \times y \times P \\
 y &= H + \text{tebal pasir} (0,1\text{m}) \\
 \text{Vgalian} &= 1/2 \times ((0,6 + 0,15 + 3,9 + 0,15 + 0,6) + (0,3 + 3,9 + 0,3)) \\
 &\quad \times (1,1 + 0,1) \times 7,8 \times 32 \text{ unit} \\
 &= 1483,893 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Dinding beton} &= \text{Keliling} \times H \times \text{tebal beton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (7,8+3,9+7,8+3,9) \times 1,1 \times 0,15 \times 32 \\
 &= 123,6111 \text{ m}^3 \\
 \text{Lantai beton} &= \text{As} \times \text{tebal beton} \\
 &= (7,8+2 \text{ tebal beton}) \times 3,9 \times 0,15 \times 32 \\
 &= 151,7745 \text{ m}^3 \\
 \text{Tutup beton} &= (P + 2 \text{ tebal beton}) \times L \times \text{tebal beton} \\
 &= (7,8+(2 \times 0,15)) \times 3,9 \times 0,15 \times 32 \\
 &= 151,7745 \text{ m}^3 \\
 \text{Pengurugan tanah} &= V_{\text{galian}} - V_{\text{bangunan}} \\
 &= 1483,893 - ((2 \times 0,15) + 3,9) \times 7,8 \times 1,1 \times 32 \\
 &= 370,88 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas lahan} &= (L + 2 \text{ tebal beton} + (2 \times 0,6)) \times P \\
 &= (3,9+(2 \times 0,15)+(2 \times 0,6)) \times 7,8 \times 32 \\
 &= 1348,951 \text{ m}
 \end{aligned}$$

B. Anaerobik Digester

Diketahui:

$$\text{Diameter (D)} = 8,04 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (H)} = 3,5 \text{ m}$$

$$\text{Tebal beton} = 0,25 \text{ m}$$

Perhitungan:

$$y = H + \text{tebal pasir (0,1m)}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{galian}} &= \pi ((D + \text{tebal beton} + 0,3 + 0,3)/2)^2 \times y \\
 &= 236,1029 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dinding beton} &= \text{Keliling} \times H \times \text{tebal beton} \\
 &= 22,09096 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lantai beton} &= \text{As} \times \text{tebal beton} \\
 &= 12,68713 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tutup beton} &= \text{As} \times \text{tebal beton} \\
 &= 12,68713 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pengurugan tanah} &= V_{\text{galian}} - V_{\text{bangunan}} \\
 &= 236,1 - ((3,14 \times (8,04 + 0,25 + 0,25)/2)^2 \times 3,5) \\
 &= 35,705 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas lahan} &= \pi^* ((D + 2 \text{ tebal beton} + 0,3 + 0,3)/2)^2 \\
 &= 65,584 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Selain berdasarkan kebutuhan lahan, *bill of quantity* juga memperhitungkan kebutuhan lain yang digunakan dalam perencanaan ini, seperti pompa dan pipa. Kebutuhan lain-lain untuk perhitungan anggaran biaya dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Pipa, Aksesoris Pipa, Pompa, dan Difuser

Bahan	Satuan	Kebutuhan
Pipa ¾"	m	50
Pipa 4"	m	97
Pipa 5"	m	10
Elbow 4"	buah	7
Elbow 45° 5"	buah	4
Tee 4"	buah	2
Tee 5"	buah	1
Elbow 5"	buah	2
Pompa submersible	buah	1
Disk diffuser	buah	5

4.5.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rancangan Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan biaya bangunan berdasarkan BOQ dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan dibangun dan kebutuhan instalasi lainnya, seperti pompa. RAB pada perencanaan ini mengacu pada Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK) Kabupaten Sidoarjo Tahun 2016. Harga barang dan analisis HSPK dapat dilihat pada Lampiran. Pada Tabel 4.15 untuk perencanaan unit-unit instalasi pengolahan air limbah yang terdiri dari UASB dan kombinasi anaerobik-aerobik filter.

Tabel 4.15 Rencana Anggaran Biaya Unit-Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kebutuhan	Harga satuan	Jumlah Harga
TAHAP PERSIAPAN					
1.	Pembersihan lapangan ringan dan perataan	m2	297	87.50	2.602.918
2.	Penggalian tanah	m3	972	115.050	111.844.954
3.	Pengurugan tanah untuk konstruksi	m3	93	171.900	16.059.731
					130.507.604

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kebutuhan	Harga satuan	Jumlah Harga
PEKERJAAN UTAMA					
1.	Pemasangan pondasi batu belah	m3	2,5	950.825	2.377.063
2.	Pemasangan anstamping	m3	2,0	421.974	843.948
3.	Pekerjaan beton K-225	m3	271	1.167.537	316.009.746
4.	Pemasangan media filter (sarang tawon)	m3	278	4.212.666	1.169.331.158
5.	Pemasangan pipa air kotor diameter 3/4"	m	50	23.970	1.198.483
6.	Pemasangan pipa air kotor diameter 4"	m	97	57.662	5.593.166
7.	Pemasangan pipa air kotor diameter 5"	m	10	77.025	770.246
8.	Elbow 4"	buah	7	67.50	47.250
9.	Elbow 45° 5"	buah	4	40.425	161.700
10.	Tee 4"	buah	2	15.430	30.860
11.	Tee 5"	buah	1	64.766	64.766
12.	Elbow 5"	buah	2	17.530	35.060
13.	Pompa submersible	buah	1	24.018.556	24.018.556
14.	Disk diffuser	buah	5	680.943	3.404.715
					1.523.886.717
PEKERJAAN FINISHING					
1.	Pengurugan tanah dengan pemadatan	m3	93	38.350	3.582.843
2.	Pembersihan lapangan berat dan perataan	m2	297	17.500	5.205.837
					8.788.679
TOTAL					1.663.183.000

Berdasarkan perhitungan BOQ dan RAB dari perencanaan ini biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan instalasi pengolahan air limbah pada peternakan sapi perah dan industri tahu Sidoarjo seluas 297 m² sebesar Rp1.663.183.000. Biaya tersebut merupakan biaya tanpa pengolahan lumpur. Adapun perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk pengolahan lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17.

Tabel 4.16 Rencana Anggaran Biaya *Sludge Drying Bed*

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kebutuhan	Harga satuan	Jumlah Harga
TAHAP PERSIAPAN					
1.	Pembersihan lapangan ringan dan perataan	m2	1349	87.50	11.803.323
2.	Penggalian tanah	m3	1484	115.050	170.721.875
3.	Pengurugan tanah untuk konstruksi	m3	371	171.900	63.754.272

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kebutuhan	Harga satuan	Jumlah Harga
					246.279.469
PEKERJAAN UTAMA					
2.	Pekerjaan betok K-225	m3	427	1.167.537	498.725.297
					498.725.297
PEKERJAAN FINISHING					
1.	Pengurugan tanah dengan pemadatan	m3	371	38.350	14.223.248
2.	Pembersihan lapangan berat dan perataan	m2	1349	17.500	23.606.645
					37.829.893
TOTAL					782.834.660

Tabel 4.17 Rancangan Anggaran Biaya Anaerobik Digester

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kebutuhan	Harga satuan	Jumlah Harga
TAHAP PERSIAPAN					
1.	Pembersihan lapangan ringan dan perataan	m2	66	8.750	573.861
2.	Penggalian tanah	m3	236	115.050	27.163.638
3.	Pengurugan tanah untuk konstruksi	m3	36	171.900	6.137.719
					33.875.218
PEKERJAAN UTAMA					
2.	Pekerjaan betok K-225	m3	47	1.167.537	55.417.425
					55.417.425
PEKERJAAN FINISHING					
1.	Pengurugan tanah dengan pemadatan	m3	36	38.350	1.369.293
2.	Pembersihan lapangan berat dan perataan	m2	66	17.500	1.147.722
					2.517.016
TOTAL					91.809.659

Berdasarkan perhitungan rancangan biaya untuk pengolahan lumpur dengan SDB membutuhkan biaya sebesar Rp782.834.660 dengan luas lahan 1349 m². Biaya yang dibutuhkan untuk pengolahan lumpur dengan anaerobik digester sebesar Rp191.809.659 dengan luas lahan 66 m². Total biaya yang dibutuhkan untuk unit-unit IPAL dan pengolahan lumpur adalah Rp2.446.017.660 untuk IPAL dengan SDB dan Rp1.754.992.659 untuk IPAL dengan anaerobik digester.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Alternatif pengolahan air limbah terpilih yang dapat direkomendasikan untuk kegiatan peternakan sapi perah dan industri tahu yang berlokasi di Krian, Sidoarjo adalah rangkaian unit yang terdiri dari *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) dan kombinasi *anaerobic aerobic filter*. UASB dan kombinasi *anaerobic aerobic filter* merupakan salah satu pengolahan biologis yang telah banyak digunakan karena efisiensi penyisihan yang tinggi. Selain itu, pengolahan anaerobik UASB dapat mengolah air limbah dengan beban organik yang tinggi sesuai karakteristik air limbah pada peternakan sapi perah dan industri tahu. Pengolahan beban organik tinggi juga menjadi lebih ekonomis apabila menggunakan pengolahan anaerobik. Pemilihan alternatif ini juga pada perhitungan efisiensi penyisihan polutan lebih baik dan operasional yang lebih mudah dibanding dengan digester. Pada perencanaan ini direncanakan bak ekualisasi agar debit yang masuk pada UASB stabil, mengingat jam operasional pada peternakan hanya 10 jam/hari.
2. Berdasarkan perhitungan perencanaan instalasi pengolahan secara mendetail, maka luas total lahan untuk pengolahan dengan UASB dan kombinasi *anaerobic aerobic filter* yang dilengkapi dengan bak ekualisasi sebesar 297 m². Dimensi masing-masing unit pengolahan adalah 5,9m x 5,9m x 4,5m untuk bak ekualisasi. Unit *upflow anaerobic sludge blanket* UASB didapat dimensi 3,3m x 6,6m x 8m. Kemudian unit pengolahan selanjutnya adalah kombinasi anaerobik aerobik filter yang terdiri dari tiga kompartemen anaerobik filter dan satu kompartemen

aerobik filter. Masing-masing dimensi kompartemen adalah sama, yaitu 7,8m x 3m x 3,3m. Lumpur yang dihasilkan dapat diolah dalam pengolahan lumpur dengan *sludge drying bed* (SDB) maupun anaerobik digester.

3. *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk pembuatan unit-unit IPAL yang terdiri dari bak ekualisasi, UASB, dan kombinasi anaerobik-aerobik filter sebesar Rp1.663.183.000.

5.2. Saran

Saran yang diberikan agar dapat dijadikan masukan dan bahan pertimbangan dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) peternakan sapi perah dan industri tahu adalah:.

1. Perlu dilakukan studi dan desain lebih lanjut terkait pemanfaatan gas yang dihasilkan dari proses pengolahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaya, S., Haouech L., Cherif, H., Shayeb, H. 2010. Aeration Management in an Oxidation Ditch. *Journal Desalination* Vol. 252. Pg. 172-178.
- APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition*. Washington DC : American Public Health.
- Benefield, L. D. dan Randall, C. W. 1980. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*. New York: Prentice Hall Inc.
- Caixeta, C., Cammrota, M., Xavier, A. 2002. Slaughterhouse Wastewater Treatment: Evaluation of a New Three-Phase Separator System in UASB Reactor. *Journal of Bioresource Technology*, 81, hal. 61 – 69.
- Chen, T. dan Shyu, W. 1996. Performance of Four Types of Anaerobic Reactors in Treating Very Dilute Dairy Wastewater. *Journal of Biomass and Energy*, 11, hal. 431 – 440.
- Chernicharo,C. 2007. *Biological Wastewater Treatment Series*. London: IWA.
- Conradin, K., Kropac, M., dan Spuhler, D. 2010. *The Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Basel: Seecon International gmbh.
- Farid, M. dan Suksesi, H. 2011. Pengembangan Susu Segar Dalam Negeri untuk Pemenuhan Kebutuhan Susu Nasional. *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*, 5 No.2.
- Fielden, N. E. H. 1983. *The Theory and Practice if Anaerobic Digestion Reactor Design*. *Process Biochemistry*, hal. 34 – 47.
- Ginting,P. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Bandung: CV. Yrama Widya.
- Gubernur Jawa Timur. 2013. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Surabaya, Indonesia.
- Herbert, F. and Chui, H.K. 1994. *Comparison or Start Up Performance of Four Anaerobic Reactors for The Treatment of High Strength Wastewater*. *Reources Conservation and Recycling*, 11, hal. 121-138.

- Herlambang, A. 2002. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. Samarinda: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.
- Ince, O. 1998. Performance of A Two-Phase Anaerobic Digestion System When Treating Dairy Wastewater. *Journal of Water Research*, 32, hal. 2707 – 2713.
- Kaswinarni, F. 2007. Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Khiatudin, M. 2003. Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan. Yogyakarta: Gama Press.
- Kusumawati, I.G.A., Cahyanto, M.N., Rahayu, E.S. 2011. Modifikasi Pengolahan Limbah Cair Tahu di CV Kitagama Secara Anaerobik. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Manurung, R. 2004. Proses Anaerobik Sebagai Alternatif untuk Mengolah Limbah Sawit. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse Edisi III*. New York: McGraw Hill Inc.¹
- _____. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse Edisi IV*. New York: McGraw Hill Inc.²
- _____. 2014. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse Edisi V*. New York: McGraw Hill Inc.³
- Moertinah, S. 2010. Kajian Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Organik Tinggi. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran*, 1, hal. 104 – 114.
- Morel, A. dan Diener, S. 2006. Greywater Management in Low and Middle-Income Countries. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods. SANDEC.
- Mufida, D. K., Sholichin, M. dan Cahyani, C. 2015. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan Menggunakan Kombinasi Sistem Anaerobik – Aerobik pada Pabrik Tahu “DUTA”. Malang: Universitas Brawijaya.

- Pemerintah Republik Indonesia. 2009. Undang – Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta, Indonesia.
- Pohan, N. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik. Sekolah Pascasarjana. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Polprasert, C. 1989. Organic Waste Recycling Edisi II. Thailand: Environmental Engineering Div. Asian Institute of Technology Bangkok.
- Pusdatin. 2013. Statistik Pertanian 2013. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian, hal 316.
- Qasim, S.R. 1985. Waste Water and Teratment Plans (Planning, Design and Operation). USA: CBS Collage Publishing.
- Raheem, A. Hassan, M. Y. Shakoor, R. 2016. Bioenergy from Anaerobic Digestion in Pakistan: Potential, Development, and Prospects. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, hal. 264 – 275.
- Ratnani, R D. 2011. Kecepatan Penyerapan Zat Organik pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Lumpur Aktif. *Journal of Momentum*, 7, hal. 18 – 24.
- Razif, M dan Bilal, A R H. 2014. Perbandingan Desain IPAL Fixed-Medium System Anaerobic Filter dengan Moved-Medium System aerobik Rotating Biological Contractor untuk Pusat Pertokoan di Surabaya. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Romli, M. dan Suprihatin. 2009. Beban Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu dan Analisis Alternatif Strategi Pengolahannya. *Jurnal Purifikasi*, 10, hal. 141 – 154.
- Ruane, E. M., Murphy, P. N. C., Healy, M. G., French, P., dan Rodgers. M. 2011. On- Farm Treatment of Dairy Soiled Water Using Aerobic Woodchip Filters. *Journal of Water Research*, 45, hal. 6668 – 6676.
- Sahm, H. 1984. Anaerobic Wastewater Treatment. In *Advances in Biochemical Engineering Biotechnology*, 29, hal. 83 – 115.
- Said, M. 2014. Karakteristik Limbah Ternak. Makassar: Universitas Hasanudin.

- Said, N. I. 2000. Teknologi Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilm Tercelup. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1, hal. 101 – 113.
- Santika, S.S. dan Alaerts, G. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Sasse, L. 1998. *Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries (DEWATS)*. Bremen Overseas Research and Developing Association (BORDA).
- Sasse, L., Gutterer, B., Panzerbieter, T., dan Reckerzügel, T. 2009. *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*. BORDA.
- Sihombing, D.T.H. 2000. *Teknik Pengolahan Limbah Kegiatan/Usaha Peternakan*. Bogor: Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian Institut Pertanian Bogor.
- Singh, S. 2008. Performance of an Anaerobic Baffled Reactor and Hybrid Constructed Wetland Treating High-Strength Wastewater in Nepal-A Model for DEWATS. *Journal Ecological Engineering*, 35, hal 654 – 660.
- Siregar, S. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Subekti, S. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke – 2 Tahun 2011, Semarang, hal. 61 – 66.
- Tchobanoglous, G. 1991. *Teknik Sumber Daya Air*. Edisi Tiga. Jakarta: Erlangga.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., dan Stensel, H.D. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4th Edition. Boston: McGraw-Hill.
- Tilley, E., Luethi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. 2008. *Compendium of Sanitation System and Technologies*. Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag) and Water Supply and Sanitation Collaborative Council (WSSCC).
- Tilley, E., Ulrich, L., Luethil, C., Raymond, P. dan Zurbrueg, C. 2014. *Compendium of Sanitation System and*

- Technologies. 2nd Revised Edition. Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Togatorop, R. 2009. Korelasi Antara Biological Oxygen Demand Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit terhadap pH, TSS, Alaklinitas dan Minyak atau Lemak. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- van Haandel, A., Kato. M.T., Cavalcanti, P. F., dan Florencio, L. 2006. Anaerobic Reactor Design Concepts for The Treatment of Domestic Wastewater. *Journal of Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 5, hal. 21 – 38.
- Widyastuti, F.R , Purwanto, dan Hadiyanto. 2013. Upaya Pengelolaan Lingkungan Usaha Peternakan Sapi di Kawasan Usahatani Terpadu Bangka Botanical Garden Pangkal Pinang, Semarang: Universitas Diponegoro.
- Woodard, F. 2006. *Industrial Waste Treatment Handbook Edisi II*. Portland: Woodard & Curran Inc.
- Yusdja, Y. 2005. Kebijakan Ekonomi Industri Agribisnis Sapi Perah di Indonesia. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 3, hal. 257 – 268.
- Zahra, L. Z. dan Purwanti, I. F. 2015. Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik. *Jurnal Teknis ITS*, 4, hal 36 – 39.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM

A. Analisis BOD₅

1. Pembuatan Reagen

- **Larutan Buffer Fospat**

Campur dan larutkan KH_2PO_4 0,85 gram, K_2HPO_4 0,2175 gram, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,334 gram dan NH_4Cl 0,17 gram ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

- **Larutan MgSO_4**

Larutkan 0,225 gram $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

- **Larutan CaCl_2**

Larutkan 0,275 gram CaCl_2 ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

- **Larutan FeCl_3**

Larutkan 0,025 gram $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL. Untuk membuat 1 L air pengencer maka dibutuhkan masing-masing 1 mL larutan Buffer Fospat, MgSO_4 , larutan CaCl_2 , larutan FeCl_3 dan larutan bakteri. Larutan bakteri dapat dibuat dengan mengaerasi 1 spatula (10 gram) tanah subur ke dalam air selama 2 jam.

- **Larutan MnCl_2 20%**

Larutkan 20 gram MnCl_2 ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

- **Larutan Pereaksi Oksigen**

Campur dan larutkan 40 gram NaOH , 15 gram KI dan 2 gram NaN_3 ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

- **Larutan Indikator Amilum 1%**

Larutkan 1 gram amilum dengan 100 mL aquades yang sudah dididihkan dalam labu pengencer 100 mL dan ditambahkan sedikit HgI_2 sebagai pengawet.

- **Larutan Thiosulfat 0,01 N**

Larutkan 24,82 gram $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ke dalam 1 L aquades yang telah dididihkan dan didinginkan dengan menggunakan labu pengencer 1 L. Kemudian ditambahkan dengan 1 gram NaOH sebagai buffer.

2. Prosedur Analisis:

Metode analisis BOD dilakukan dengan menggunakan prinsip winklermetode titimetrik, sebagai berikut:

- Untuk menentukan angka pengencerannya maka dibutuhkan angka KMNO_4 :

$$P = \frac{\text{Angka KMNO}_4}{3 \text{ atau } 5 \text{ (tergantung dari pH sampel)}}$$

- Siapkan 1 buah labu pengencer 500 mL dan tuangkan sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran, tambahkan air pengencer hingga batas labu.
- Siapkan 2 buah botol winkler 300 mL dan 2 buah botol winkler 150 mL.
- Tuangkan air dalam labu pengencer tadi ke dalam botol winkler 300 mL dan 150 mL sampai tumpah.
- Tuangkan air pengencer ke dalam botol winkler 300 mL dan 150 mL sebagai blanko sampai tumpah.
- Bungkus kedua botol winkler 300 mL dengan menggunakan plastik wrap agar kedap udara. Kemudian masukkan kedua botol tersebut ke dalam inkubator 20°C selama 5 hari.
- Kedua botol winkler 150 mL yang berisi air dianalisis oksigen terlarutnya dengan prosedur sebagai berikut:
 - Tambahkan 1 mL larutan MnCl_2 .
 - Tambahkan 1 mL larutan Pereaksi Oksigen.
 - Botol ditutup dengan hati-hati agar tidak ada gelembung udara di dalam botol kemudian dikocok beberapa kali.
 - Biarkan gumpalan mengendap selama ± 10 menit.
 - Tambahkan 1 mL H_2SO_4 pekat, tutup dan kocok kembali.
 - Tuangkan 100 mL larutan ke dalam Erlenmeyer 250 mL
 - Tambahkan 3 tetes indikator amilum.

- Titrasi dengan larutan Natrium Thiosulfat 0.0125 N sampai warna biru hilang.
- Setelah 5 hari, analisis kedua larutan dalam winkler 300 mL seperti analisis oksigen terlarut.

3. Perhitungan

- Hitung oksigen terlarut dan BOD dengan rumus berikut:

$$OT \text{ (mg O}_2\text{/L)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ mL}}$$

$$BOD_5^{20} \text{ (mg/L)} = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)]}{P}$$

$$P = \frac{\text{mL sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500 mL)}}$$

Dimana:

X_0 = oksigen terlarut sampel pada $t = 0$

X_5 = oksigen terlarut sampel pada $t = 5$

B_0 = oksigen terlarut blanko pada $t = 0$

B_5 = oksigen terlarut blanko pada $t = 5$

P = derajat pengenceran

a = volume titran (mL)

N = Normalitas Natrium Thiosulfat

B. Analisis COD

1. Pembuatan Reagen

- **Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N**

Timbang dengan teliti 4,9036 gram $K_2Cr_2O_7$ yang telah dikeringkan di oven. Larutkan dengan aquades hingga 1 L menggunakan labu pengencer 1 L.

- **Larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,1 N**

Timbang dengan teliti 39,2 gram $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ kemudian tambahkan dengan 8 mL H_2SO_4 pekat. Encerkan dengan aquades hingga 1 L dengan menggunakan labu pengencer 1 L.

- **Larutan Campuran Asam ($AgSO_4$)**

Larutkan 10 gram Ag_2SO_4 ke dalam 1 L H_2SO_4 hingga larut sempurna.

- **Larutan Indikator Ferroin**

Larutkan 1,485 gram Orthophenanthroline dan 0,695 gram $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

2. Prosedur Analisis:

Metode analisis COD dilakukan dengan menggunakan prinsip *closed reflux* metode titimetri, sebagai berikut:

- Disiapkan sampel yang akan dianalisis kadar CODnya.
- Diambil 1 mL sampel kemudian diencerkan sampai 100 kali.
- Disiapkan 2 buah tabung COD, kemudian dimasukkan sampel yang telah diencerkan sebanyak 1 mL dan aquades sebanyak 1 mL sebagai blanko.
- Larutan Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ditambahkan sebanyak 1,5 mL.
- Larutan campuran asam (Ag_2SO_4) ditambahkan sebanyak 3,5 mL.
- Alat pemanas dinyalakan dan diletakkan tabung COD pada rak tabung COD di atas alat pemanas selama 2 jam.
- Setelah 2 jam, alat pemanas dimatikan dan tabung COD dibiarkan hingga dingin.
- Ditambahkan indikator ferroin sebanyak 1 tetes.
- Sampel di dalam tabung COD dipindahkan ke dalam Erlenmeyer kemudian dititrasi menggunakan larutan standar FAS 0,0125 N hingga warna biru-hijau berubah menjadi merah-coklat yang tidak hilang selama 1 menit.

3. Perhitungan

Perhitungan nilai COD dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$COD \text{ (mg } O_2/L) = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{Vol. \text{ sampel}} \times p$$

dengan:

A = mL FAS titrasi blanko

B = mL FAS titrasi sampel

N = normalitas larutan FAS

P = nilai pengenceran

C. Analisis TSS

1. Bahan

- a. Kertas saring (*glass-fiber filter*) dengan beberapa jenis:

- Whatman Grade 934 AH, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,5 μm (*Standar for TSS in water analysis*).
 - Gelman type A/E, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,0 μm (*Standar filter for TSS/TDS testing in sanitary water analysis procedures*).
 - E-D Scientific Specialities grade 161 (VWR brand grade 161) dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,1 μm (*Recommended for use in TSS/TDS testing in water and wastewater*).
- a. Saringan dengan ukuran pori 0,45 μm .
 - b. Air suling

2. Peralatan

- Desikator yang berisi silika gel;
- Oven, untuk pengoperasian pada suhu 103°C sampai dengan 105°C;
- Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg;
- Pengaduk magnetik;
- Pipet volum;
- Gelas ukur;
- Cawan aluminium;
- Cawan porselen/cawan Gooch;
- Penjepit;
- Kaca arloji; dan
- Pompa vacuum.

3. Persiapan pengujian

- Persiapan kertas saring atau cawan Gooch.
- Letakkan kertas saring pada peralatan filtrasi. Pasang vakum dan wadah pencuci dengan air suling berlebih 20 mL. Lanjutkan penyedotan untuk menghilangkan semua sisa air, matikan vakum, dan hentikan pencucian.
- Pindahkan kertas saring dari peralatan filtrasi ke wadah timbang aluminium. Jika digunakan cawan Gooch dapat langsung dikeringkan..
- Keringkan dalam oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator kemudian timbang.

- Ulangi langkah pada butir c) sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

4. Prosedur

- Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
- Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
- Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik
- Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
- Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

5. Perhitungan

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}}$$

dengan pengertian:

A adalah berat kertas saring + residu kering, mg;

B adalah berat kertas saring, mg.

LAMPIRAN B DOKUMENTASI



Kandang Peternakan Sapi
Perah



Lokasi Industri Tahu



Saluran Kegiatan
Pernakan



Saluran Kegiatan Industri
Tahu



Sampel Air Limbah Tahu
dan Ternak

LAMPIRAN C

HARGA SATUAN BAHAN DAN ANALISIS HSPK

Harga Satuan Tenaga Kerja dan Bahan

Tenaga Kerja	Harga (Rp)
Mandor	150.000
Pekerja	100.000
Tukang batu	110.000
Tukang kayu	110.000
Tukang besi	110.000
Kepala tukang	120.000
Bahan/Material	Harga (Rp)
Pasir Urug	117.000
Kayu kelas III	4861.111
Paku 5cm - 12 cm	16.900
Minyak bekisting	12.000
Besi beton polos	12.000
Kawat beton	20.000
Portland cement	1.787,5
Pasir beton	243.000
Kerikil	286.000
Kerikil (max 30 mm)	158,89
Air	27
Batu belah 15cm/20cm	200.000
Pasir pasang	200.000
Media sarang tawon	2.083.333
Pipa PVC 3/4"	37.950
Pipa PVC 4"	138.000
Pipa PVC 5"	195..500
Elbow 4"	6750

Bahan/Material	Harga (Rp)
Elbow 45° 5"	40.425
Tee 4"	15.430
Tee 5"	64.766
Elbow 5"	17.530
Pompa submersible	24.018.556
Disk diffuser	680.943

Analisis HSPK

Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga tiap Pekerjaan
TAHAPAN PERSIAPAN				
1. Pembersihan lapangan ringan dan perataan				
Tenaga Kerja				
Mandor	0,025	OH	150000	3750
Pekerja	0,05	OH	100000	5000
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m2)				8750
2. Penggalian Tanah				
Tenaga Kerja				
Mandor	0,067	OH	150000	10050
Pekerja	1,05	OH	100000	105000
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m3)				115050
3. Pengurugan Tanah				
Bahan				
Pasir Urug	1,2	m3	117000	140400
Tenaga Kerja				
Mandor	0,01	OH	150000	1500
Pekerja	0,3	OH	100000	30000
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m3)				171900
PEKERJAAN UTAMA				
1. Pemasangan 1m3 Pondasi Batu Belah, campuran 1PC : 3PP				

Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga tiap Pekerjaan
Bahan				
Batu belah 15cm/20cm	1,2	m3	200000	240000
Portland cement	202	kg	1787,5	361075
Pasir pasang	0,485	m3	200000	97000
Tenaga kerja				
Pekerja	1,5	OH	100000	150000
Tukang batu	0,75	OH	110000	82500
Kepala tukang	0,075	OH	120000	9000
Mandor	0,075	OH	150000	11250
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m3)				950825
2. Pemasangan 1m3 Anstamping				
Bahan				
Batu belah 15cm/20cm	1,2	m3	200000	240000
Pasir urug	0,432	m3	117000	50544
Tenaga kerja				
Pekerja	0,78	OH	100000	78000
Tukang batu	0,39	OH	110000	42900
Kepala tukang	0,039	OH	120000	4680
Mandor	0,039	OH	150000	5850
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m3)				421974
3. Pekerjaan Betok K-225				
Bahan				
Portland cement	371	kg	1787,5	663163
Pasir beton	698	kg	173,57	121152
Kerikil (max 30 mm)	1047	kg	158,89	166358
Air	215	liter	27	5805

Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga tiap Pekerjaan
Tenaga Kerja				
Pekerja	1,65	OH	100000	165000
Tukang batu	0,275	OH	110000	30250
Kepala tukang	0,028	OH	120000	3360
Mandor	0,083	OH	150000	12450
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m3)				1167537
4. Pemasangan Media Filter				
Bahan				
Media sarang tawon	1	m3	2083333	2083333
Tenaga kerja				
Mandor	0,04	OH	150000	6000
Tukang	0,4	OH	100000	40000
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m3)				4212666
5. Pemasangan Pipa Air Kotor Diameter 3/4"				
Bahan				
Pipa PVC 3/4"	0,3	batang	37950	11385
Perlengkapan 35% harga pipa	0,105	buah	13282,5	1395
Tenaga kerja				
Pekerja	0,036	OH	100000	3600
Tukang batu	0,06	OH	110000	6600
Kepala tukang batu	0,006	OH	120000	720
Mandor	0,0018	OH	150000	270
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m)				23970
6. Pemasangan Pipa Air Kotor Diameter 4"				
Bahan				
Pipa PVC 4" type C panjang 4 m	0,3	batang	138000	41400
Perlengkapan 35% harga pipa	0,105	buah	48300	5072
Tenaga kerja				

Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Harga tiap Pekerjaan
Pekerja	0,036	OH	100000	3600
Tukang batu	0,06	OH	110000	6600
Kepala tukang batu	0,006	OH	120000	720
Mandor	0,0018	OH	150000	270
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m)				57662
7. Pemasangan Pipa Air Kotor Diameter 5"				
Bahan				
Pipa PVC 5" type C panjang 4 m	0,3	batang	195500	58650
Perlengkapan 35% harga pipa	0,105	buah	68425	7185
Tenaga kerja				
Pekerja	0,036	OH	100000	3600
Tukang batu	0,06	OH	110000	6600
Kepala tukang batu	0,006	OH	120000	720
Mandor	0,0018	OH	150000	270
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m)				77025
PEKERJAAN FINISHING				
1. Pengurugan tanah dengan pemadatan				
Tenaga Kerja				
Mandor	0,022333	OH	150000	3350
Pekerja	0,35	OH	100000	35000
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m3)				38350
2. Pembersihan lapangan berat dan perataan				
Tenaga Kerja				
Mandor	0,05	OH	150000	7500
Pekerja	0,1	OH	100000	10000
Jumlah Harga Per Satuan Pekerjaan (m2)				17500

PROJECT: _____	UNIT TAG: _____	QUANTITY: _____
REPRESENTATIVE: _____	TYPE OF SERVICE: _____	DATE: _____
ENGINEER: _____	SUBMITTED BY: _____	DATE: _____
CONTRACTOR: _____	APPROVED BY: _____	DATE: _____
	ORDER NO.: _____	DATE: _____

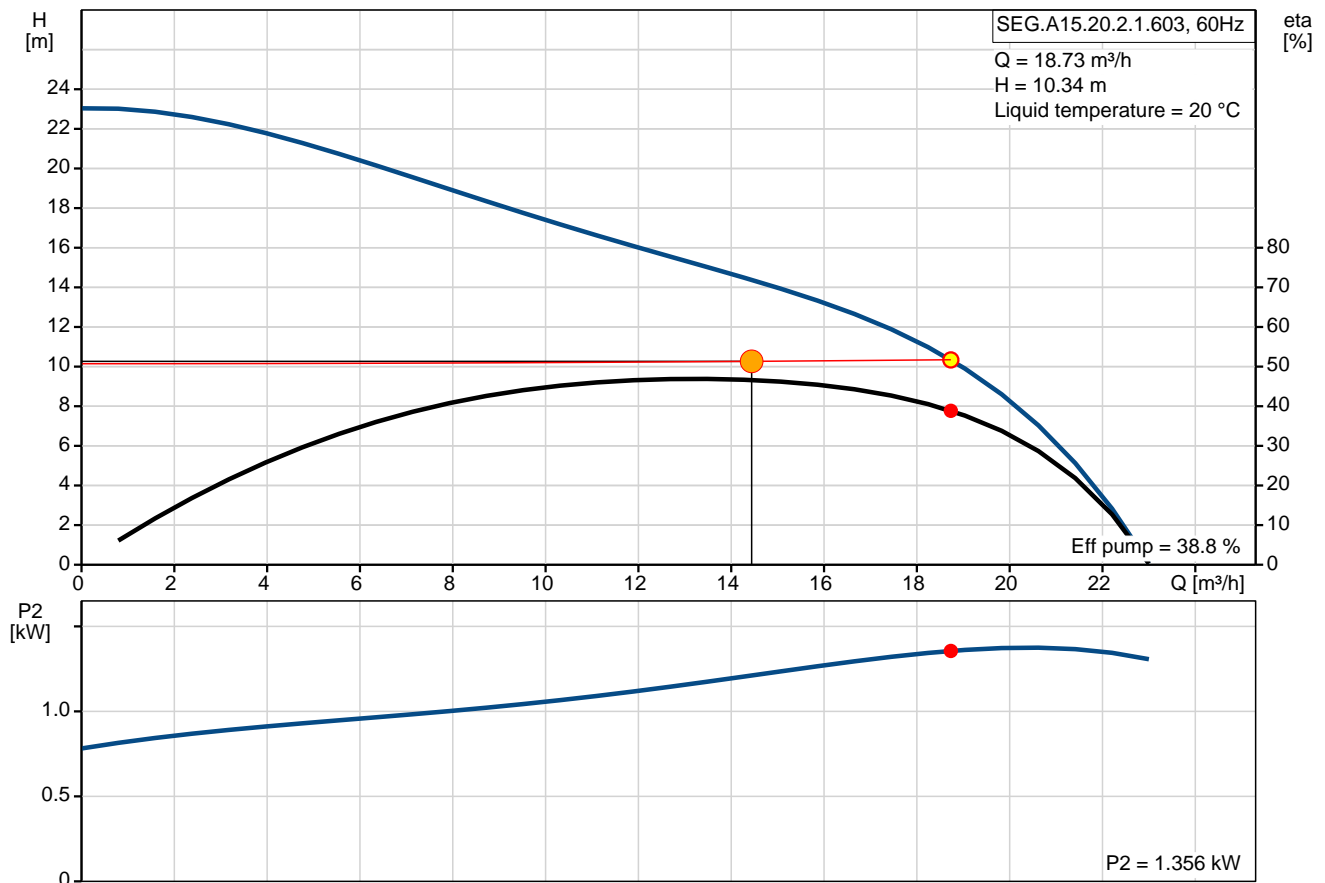


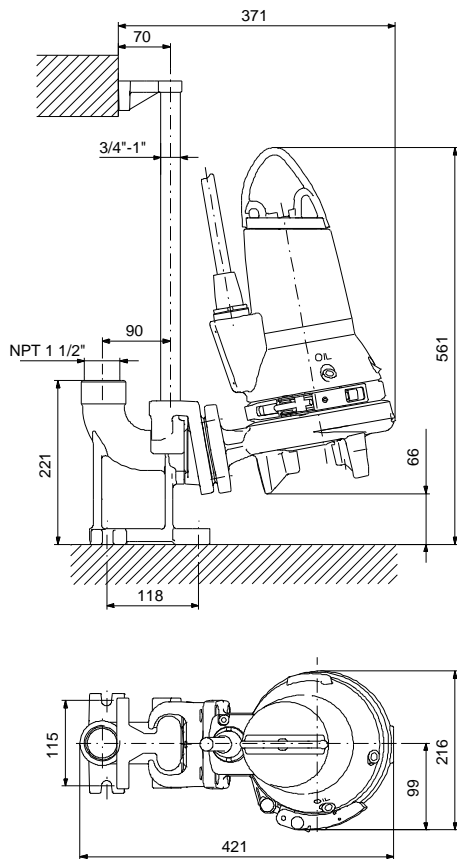
SEG.A15.20.2.1.603

Grinder pumps

Product photo could vary from the actual product

Conditions of Service		Pump Data		Motor Data	
Flow:	18.72 m ³ /h	Maximum operating pressure:	6 bar	Rated voltage:	208-230 V
Head:	10.36 m	Liquid temperature range:	0 .. 40 °C	Main frequency:	60 Hz
Efficiency:	30.3 %	Maximum ambient temperature:	40 °C	Number of poles:	2
Liquid:	Water	Approvals:	PA-I	Enclosure class:	IP68
Temperature:	20 °C	Flange standard:	ANSI	Insulation class:	F
NPSH required:	10 m	Product number:	On request	Motor protection:	THERMAL SWITCH
Viscosity:	1 mm ² /s			Thermal protection:	external
Specific Gravity:	1.000				





Materials:

Pump housing: Cast iron
 EN1561 EN-GJL-200
 ASTM A48 30B

Impeller: Cast iron
 EN1561 EN-GJL-200
 ASTM A48 30B

Tender Text



Product photo could vary from the actual product

Product No.: On request

SEG.A15.20.2.1.603

Grundfos SEG pumps are submersible pumps with horizontal discharge port, specifically designed for pressurized pumping of wastewater with discharge from toilets.

The SEG pumps are equipped with a grinder system, grinding destructible solids into small pieces so that they can be led away through pipes of a relatively small diameter.

The surface of the pump is smooth to prevent dirt and impurities from sticking to the pump.

The pump is primarily made of cast iron. The clamp securing the motor to the pump housing is made of stainless steel to prevent corrosion and allow for ease of service of the pump.

The power cable of the pump also incorporates wires for the thermal sensors in the motor winding.

The cable connection is a plug solution. The totally sealed plug connection prevents moisture from entering the pump through the cable in case of cable breakage or adverse and/or careless handling of the pump cable.

The pump must be connected to a control box or a controller.

The pump has been tested by CSA.

Controls:

Moisture sensor:	without moisture sensors
AUTOADAPT:	NO

Liquid:

Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	0 .. 40 °C
Liquid temp:	20 °C
Density:	998.2 kg/m ³
Kinematic viscosity:	1 mm ² /s

Technical:

Actual calculated flow:	18.72 m ³ /h
Resulting head of the pump:	10.36 m
Type of impeller:	Grinder System
Primary shaft seal:	SIC/SIC
Secondary shaft seal:	LIPSEAL
Approvals on nameplate:	PA-I
Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2

Materials:

Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B
Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B

Installation:


Maximum ambient temperature: 40 °C
Maximum operating pressure: 6 bar
Flange standard: ANSI
Pipework connection: 1 1/2" /2"
Size of discharge port: 1 1/2 inch
Pressure stage: PN 10
Maximum installation depth: 10 m
Auto-coupling: 98245788

Electrical data:

C run: 30 µF
C start: 150 µF
Power input - P1: 2.1 kW
Rated power - P2: 1.5 kW
Main frequency: 60 Hz
Rated voltage: 1 x 208-230 V
Voltage tolerance: +6/-10 %
Max starts per. hour: 30
Rated current: 12-11 A
Starting current: 48 A
Rated current at no load: 6.9 A
Cos phi - power factor: 0,88
Cos phi - p.f. at 3/4 load: 0,54
Cos phi - p.f. at 1/2 load: 0,26
Rated speed: 3400 rpm
Moment of inertia: 0.002 kg m²
Motor efficiency at full load: 0.71 %
Motor efficiency at 3/4 load: 0.7 %
Motor efficiency at 1/2 load: 0.6 %
Capacitor size - run: 30 µF
Capacitor size - start: 150 µF
Number of poles: 2
Start. method: direct-on-line
Enclosure class (IEC 34-5): IP68
Insulation class (IEC 85): F
Explosion proof: no
Length of cable: 10 m
Cable type: SEOOW 600V
Type of cable plug: NO PLUG

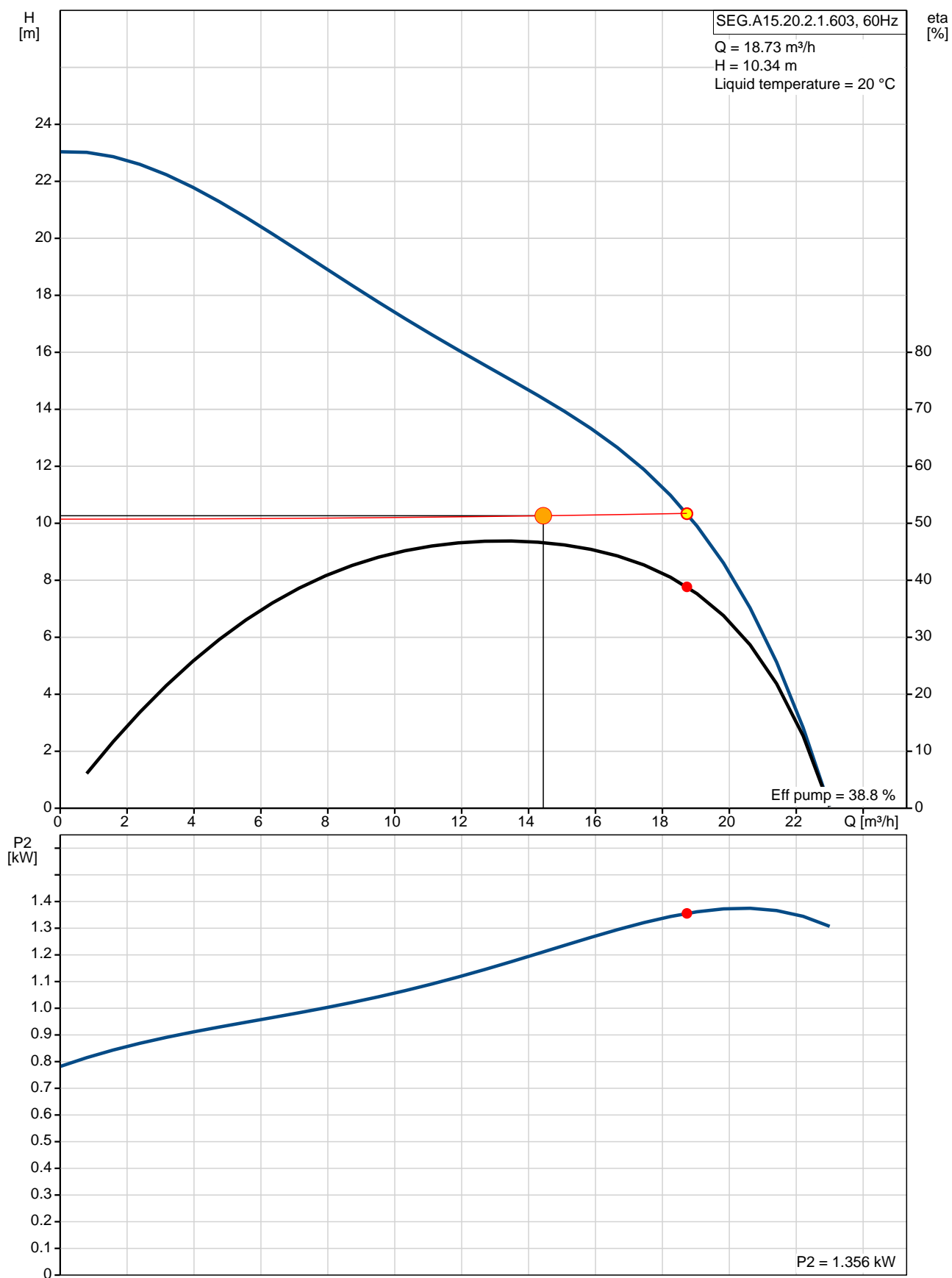
Others:

Net weight: 46 kg

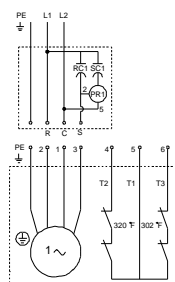
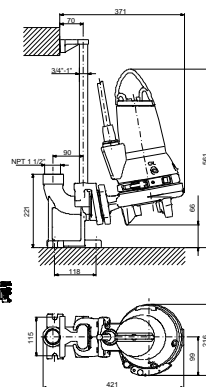
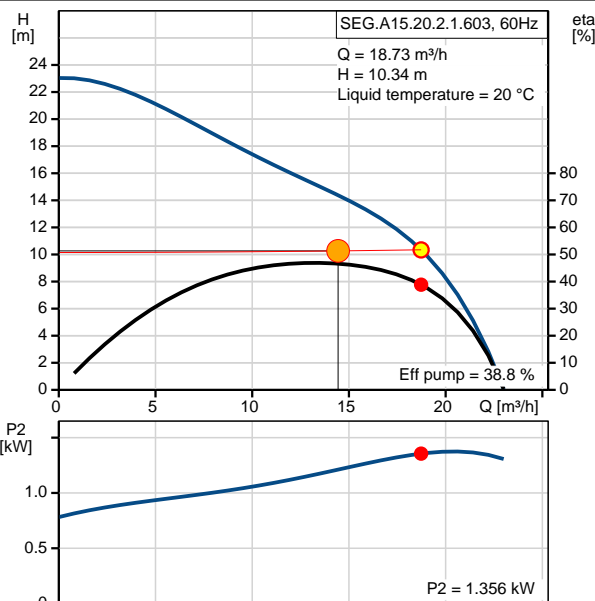
Position	Count	Description																																
	1	<div><div></div><div>Product photo could vary from the actual product</div></div> <p>Product No.: On request</p> <p>Grundfos SEG pumps are submersible pumps with horizontal discharge port, specifically designed for pressurized pumping of wastewater with discharge from toilets.</p> <p>The SEG pumps are equipped with a grinder system, grinding destructible solids into small pieces so that they can be led away through pipes of a relatively small diameter.</p> <p>The surface of the pump is smooth to prevent dirt and impurities from sticking to the pump. The pump is primarily made of cast iron. The clamp securing the motor to the pump housing is made of stainless steel to prevent corrosion and allow for ease of service of the pump.</p> <p>The power cable of the pump also incorporates wires for the thermal sensors in the motor winding. The cable connection is a plug solution. The totally sealed plug connection prevents moisture from entering the pump through the cable in case of cable breakage or adverse and/or careless handling of the pump cable.</p> <p>The pump must be connected to a control box or a controller.</p> <p>The pump has been tested by CSA.</p> <p>Controls:</p> <table><tr><td>Moisture sensor:</td><td>without moisture sensors</td></tr><tr><td>AUTOADAPT:</td><td>NO</td></tr></table> <p>Liquid:</p> <table><tr><td>Pumped liquid:</td><td>Water</td></tr><tr><td>Liquid temperature range:</td><td>0 .. 40 °C</td></tr><tr><td>Liquid temp:</td><td>20 °C</td></tr><tr><td>Density:</td><td>998.2 kg/m³</td></tr><tr><td>Kinematic viscosity:</td><td>1 mm²/s</td></tr></table> <p>Technical:</p> <table><tr><td>Actual calculated flow:</td><td>18.72 m³/h</td></tr><tr><td>Resulting head of the pump:</td><td>10.36 m</td></tr><tr><td>Type of impeller:</td><td>Grinder System</td></tr><tr><td>Primary shaft seal:</td><td>SIC/SIC</td></tr><tr><td>Secondary shaft seal:</td><td>LIPSEAL</td></tr><tr><td>Approvals on nameplate:</td><td>PA-I</td></tr><tr><td>Curve tolerance:</td><td>ANSI/HI11.6:2012 3B2</td></tr></table> <p>Materials:</p> <table><tr><td>Pump housing:</td><td>Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B</td></tr><tr><td>Impeller:</td><td>Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B</td></tr></table>	Moisture sensor:	without moisture sensors	AUTOADAPT:	NO	Pumped liquid:	Water	Liquid temperature range:	0 .. 40 °C	Liquid temp:	20 °C	Density:	998.2 kg/m³	Kinematic viscosity:	1 mm²/s	Actual calculated flow:	18.72 m³/h	Resulting head of the pump:	10.36 m	Type of impeller:	Grinder System	Primary shaft seal:	SIC/SIC	Secondary shaft seal:	LIPSEAL	Approvals on nameplate:	PA-I	Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2	Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B	Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B
Moisture sensor:	without moisture sensors																																	
AUTOADAPT:	NO																																	
Pumped liquid:	Water																																	
Liquid temperature range:	0 .. 40 °C																																	
Liquid temp:	20 °C																																	
Density:	998.2 kg/m³																																	
Kinematic viscosity:	1 mm²/s																																	
Actual calculated flow:	18.72 m³/h																																	
Resulting head of the pump:	10.36 m																																	
Type of impeller:	Grinder System																																	
Primary shaft seal:	SIC/SIC																																	
Secondary shaft seal:	LIPSEAL																																	
Approvals on nameplate:	PA-I																																	
Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2																																	
Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B																																	
Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B																																	

Position	Count	Description
		Installation: Maximum ambient temperature: 40 °C Maximum operating pressure: 6 bar Flange standard: ANSI Pipework connection: 1 1/2" /2" Size of discharge port: 1 1/2 inch Pressure stage: PN 10 Maximum installation depth: 10 m Auto-coupling: 98245788 Electrical data: C run: 30 muF C start: 150 muF Power input - P1: 2.1 kW Rated power - P2: 1.5 kW Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 1 x 208-230 V Voltage tolerance: +6/-10 % Max starts per. hour: 30 Rated current: 12-11 A Starting current: 48 A Rated current at no load: 6.9 A Cos phi - power factor: 0,88 Cos phi - p.f. at 3/4 load: 0,54 Cos phi - p.f. at 1/2 load: 0,26 Rated speed: 3400 rpm Moment of inertia: 0.002 kg m ² Motor efficiency at full load: 0.71 % Motor efficiency at 3/4 load: 0.7 % Motor efficiency at 1/2 load: 0.6 % Capacitor size - run: 30 muF Capacitor size - start: 150 muF Number of poles: 2 Start. method: direct-on-line Enclosure class (IEC 34-5): IP68 Insulation class (IEC 85): F Explosion proof: no Length of cable: 10 m Cable type: SEOOW 600V Type of cable plug: NO PLUG Others: Net weight: 46 kg

On request SEG.A15.20.2.1.603 60 Hz



Description	Value
General information:	
Product name:	SEG.A15.20.2.1.603
Product No.:	On request
EAN:	On request
Technical:	
Actual calculated flow:	18.72 m³/h
Max flow:	23 m³/h
Resulting head of the pump:	10.36 m
Head max:	23 m
Type of impeller:	Grinder System
Primary shaft seal:	SIC/SIC
Secondary shaft seal:	LIPSEAL
Approvals on nameplate:	PA-I
Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2
Materials:	
Pump housing:	Cast iron
	EN1561 EN-GJL-200
	ASTM A48 30B
Impeller:	Cast iron
	EN1561 EN-GJL-200
	ASTM A48 30B
Installation:	
Maximum ambient temperature:	40 °C
Maximum operating pressure:	6 bar
Flange standard:	ANSI
Pipework connection:	1 1/2" /2"
Size of discharge port:	1 1/2 inch
Pressure stage:	PN 10
Maximum installation depth:	10 m
Inst dry/wet:	SUBMERGED
Auto-coupling:	98245788
Liquid:	
Pumped liquid:	Water
Liquid temperature range:	0 .. 40 °C
Liquid temp:	20 °C
Density:	998.2 kg/m³
Kinematic viscosity:	1 mm²/s
Electrical data:	
C run:	30 µF
C start:	150 µF
Power input - P1:	2.1 kW
Rated power - P2:	1.5 kW
Main frequency:	60 Hz
Rated voltage:	1 x 208-230 V
Voltage tolerance:	+6/-10 %
Max starts per. hour:	30
Rated current:	12-11 A
Starting current:	48 A
Rated current at no load:	6.9 A
Cos phi - power factor:	0,88
Cos phi - p.f. at 3/4 load:	0,54
Cos phi - p.f. at 1/2 load:	0,26
Rated speed:	3400 rpm
Moment of inertia:	0.002 kg m²





Company name:

Created by:

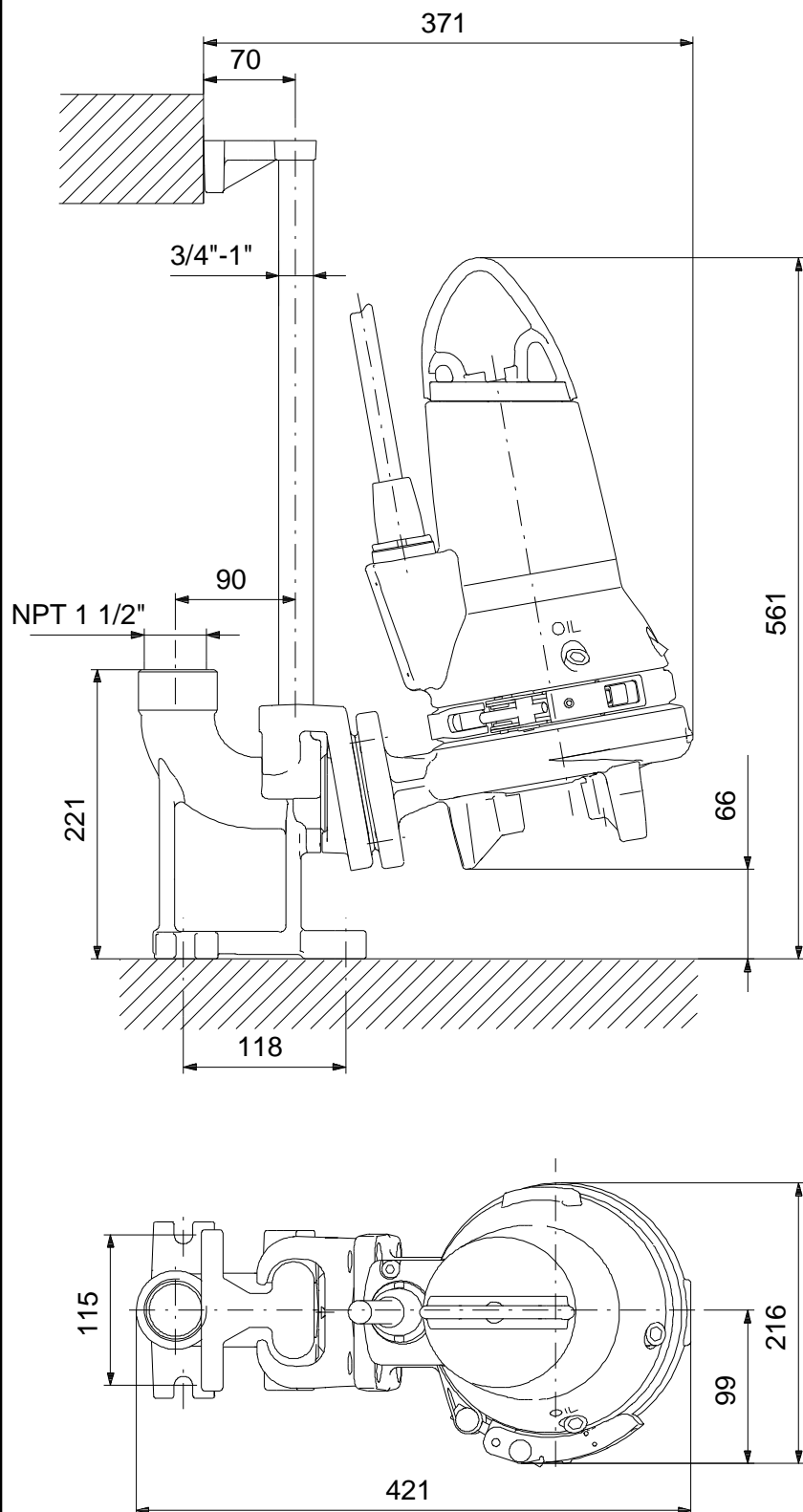
Phone:

Date:

6/23/2016

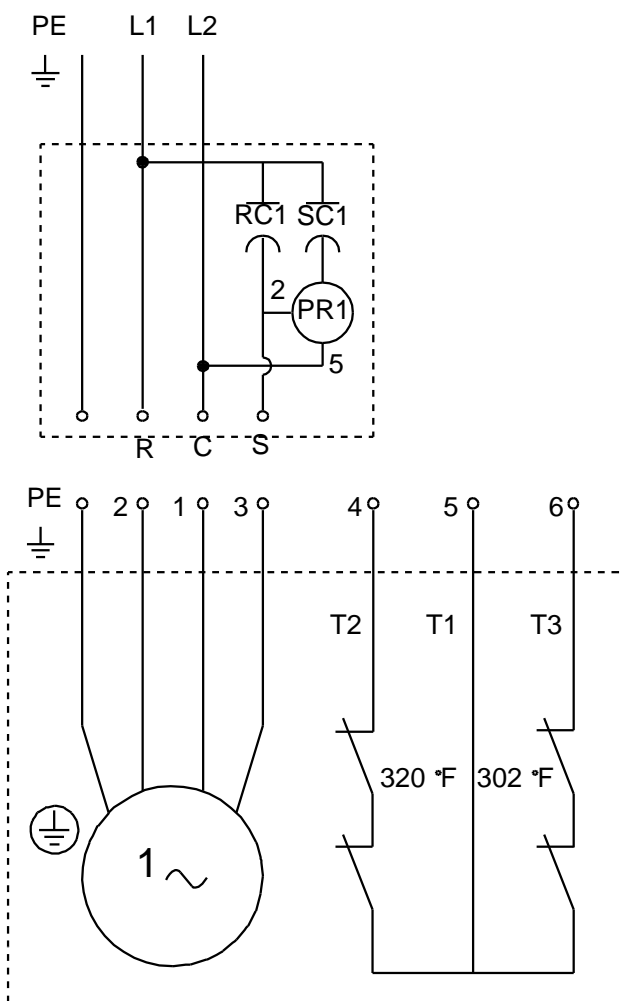
Description	Value
Motor efficiency at full load:	0.71 %
Motor efficiency at 3/4 load:	0.7 %
Motor efficiency at 1/2 load:	0.6 %
Capacitor size - run:	30 µF
Capacitor size - start:	150 µF
Number of poles:	2
Start. method:	direct-on-line
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	F
Explosion proof:	no
Motor protection:	THERMAL SWITCH
Thermal protec:	external
Length of cable:	10 m
Cable type:	SEOOW 600V
Type of cable plug:	NO PLUG
Controls:	
Control box:	not included
Additional I/O:	External
Moisture sensor:	without moisture sensors
AUTOADAPT:	NO
Others:	
Net weight:	46 kg
Sales region:	Namreg

On request SEG.A15.20.2.1.603 60 Hz



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.

On request SEG.A15.20.2.1.603 60 Hz



On request SEG.A15.20.2.1.603 60 Hz

Input

General

Application	Wastewater
Application area	Commercial buildings
Application type	Sewage
Installation	Submersible pump with autocoupling system
Total number of pumps	1
Discharge flow (Q)	14.44 m³/h
Geodetic head	10.15 m
Pipe friction losses	0.124 m
Prefer fast delivery	No

Your requirements

Speed regulation	No
Allowed undersize	5 %
Liquid temp. <= 104 °F	Yes
Cooling jacket required	No

Select type of hydraulic

Semi-open impeller	Yes
Channel impeller	Yes
Vortex impeller	Yes
S-tube	Yes
Grinder	Yes

Select type of material

Complete cast iron	Yes
Cast iron with stainless steel impeller	No
Cast iron motor with stainless steel pump housing and impeller	No
Complete stainless steel	No

Select type of motor

Standard motor

Edit load profile

Load profile	Full load
Period	Day
Operating Hours per Day	2.74 h/day

Operational conditions

Frequency	60 Hz
Phase	1 or 3

Hit list settings

Energy price	0.12 \$/kWh
Increase of energy price	6 %
Calculation period	10 years

Load profile

	1	
Flow	100	%
Head	101	%
P1	1.737	kW
Eff total	30.3	%
Time	1000	h/a
Consumption	1341	kWh/Year
Quantity	1	

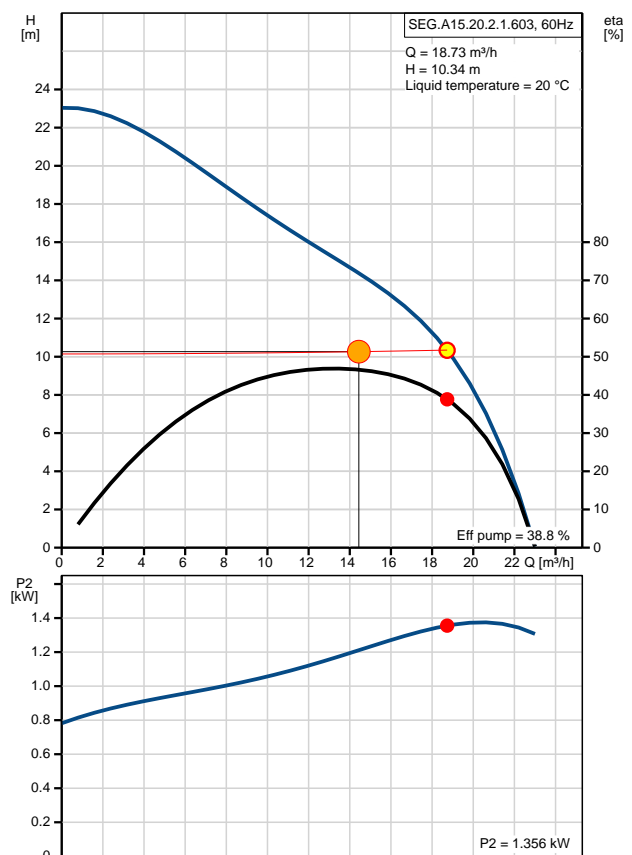
Sizing result

Type SEG.A15.20.2.1.603

Flow	18.72 m³/h (+30%)
H geodetic	10.15 m
H total	10.36 m (+1%)
Flow total	14441 m³/year
Max starts per hour	30
Power P1	1.737 kW
Power P2	1.355 kW
NPSH required	10 m
Eff pump	38.9 %
Eff motor	78.0 %
Eff pump+mtr	30.3 % =Eff pump * Eta motor
Eff total	30.3 % =Eff relative to the duty point

Best eff pump	46.9 % =Eff in best efficiency point
Best eff pump+motor	36.6 % =Eff in best efficiency point
Nom. Motor Speed	3400 rpm
Consumption	1341 kWh/Year
Price	On request
Total costs	On request /10Years
Life cycle cost	/10Years

Installation kit is missing !



Installation and Input

Total number of pumps: 1



Sizing results

Product number: On request
 Type: SEG.A15.20.2.1.603
 Flow: 18.72 m³/h (14441)
 H total: 10.36 m (+1%)
 Power P1: 1.737 kW
 Power P2: 1.355 kW

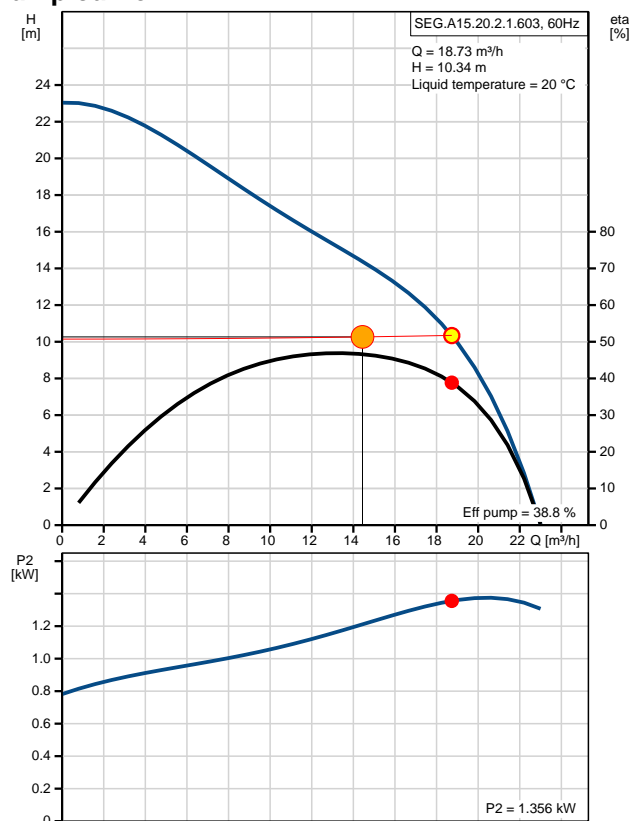
Max starts per hour: 30
 NPSH required: 10 m
 Eff pump: 38.9 %
 Eff motor: 78.0 %
 Eff total: 30.3 %
 Best eff pump: 46.9 % =Eff in best efficiency point

Best eff pump+motor: 36.6 % =Eff in best efficiency point

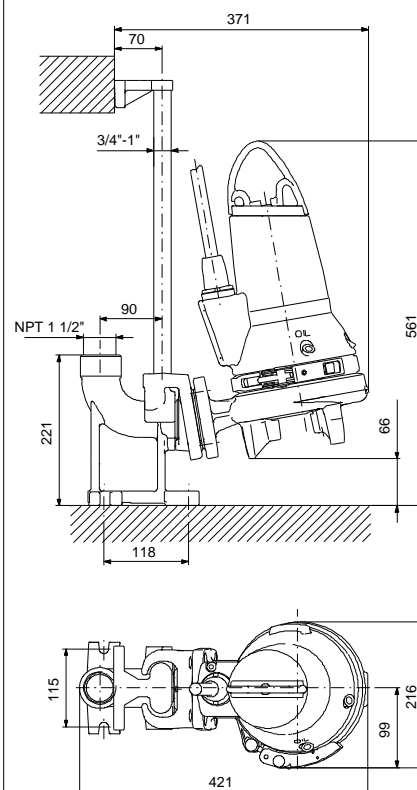
Nom. Motor Speed: 3400 rpm
 Consumption: 1341 kWh/Year
 Total costs: On request /10Years

Phase: 1
 Voltage: 208-230
 Frequency: 60 Hz
 Current (rated): 12-11 A
 Type of impeller: Grinder System
 Pressure stage, pipe connection: PN 10
 Maximum installation depth: 10 m
 starting method: direct-on-line
 Max starts per hour: 30
 Enclosure Class (IEC 34-5): IP68
 Insulation Class (IEC 85): F
 Ex-protection: no
 Net weight: 46 kg

Pump curve



Dimensional drawing



Installation illustration

Total number of pumps: 1



Head:

Geodetic head: 10.15 m

Resulting head of the pump: 10.36 m

Pressure loss in pipes

Pipe	Length	Material	Size	Roughness	Velocity	Zeta	Friction losses
------	--------	----------	------	-----------	----------	------	-----------------

Pipe friction losses (outside pit), operation with all pumps

-



Company name:

Created by:

Phone:

Date:

6/23/2016

Zeta Values



Company name:

Created by:

Phone:

Date:

6/23/2016

Order Data:

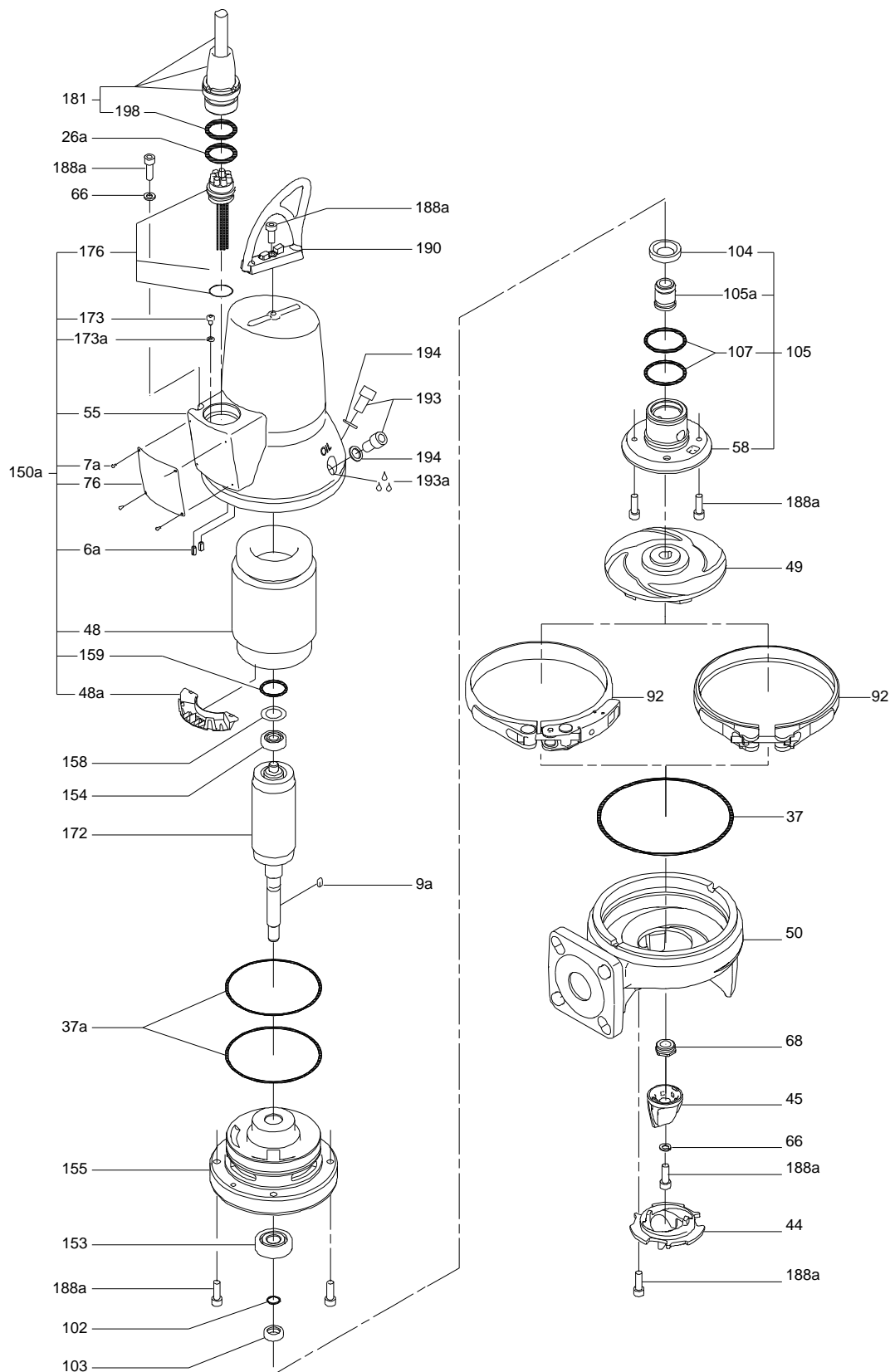
Product name: SEG.A15.20.2.1.603

Amount: 1

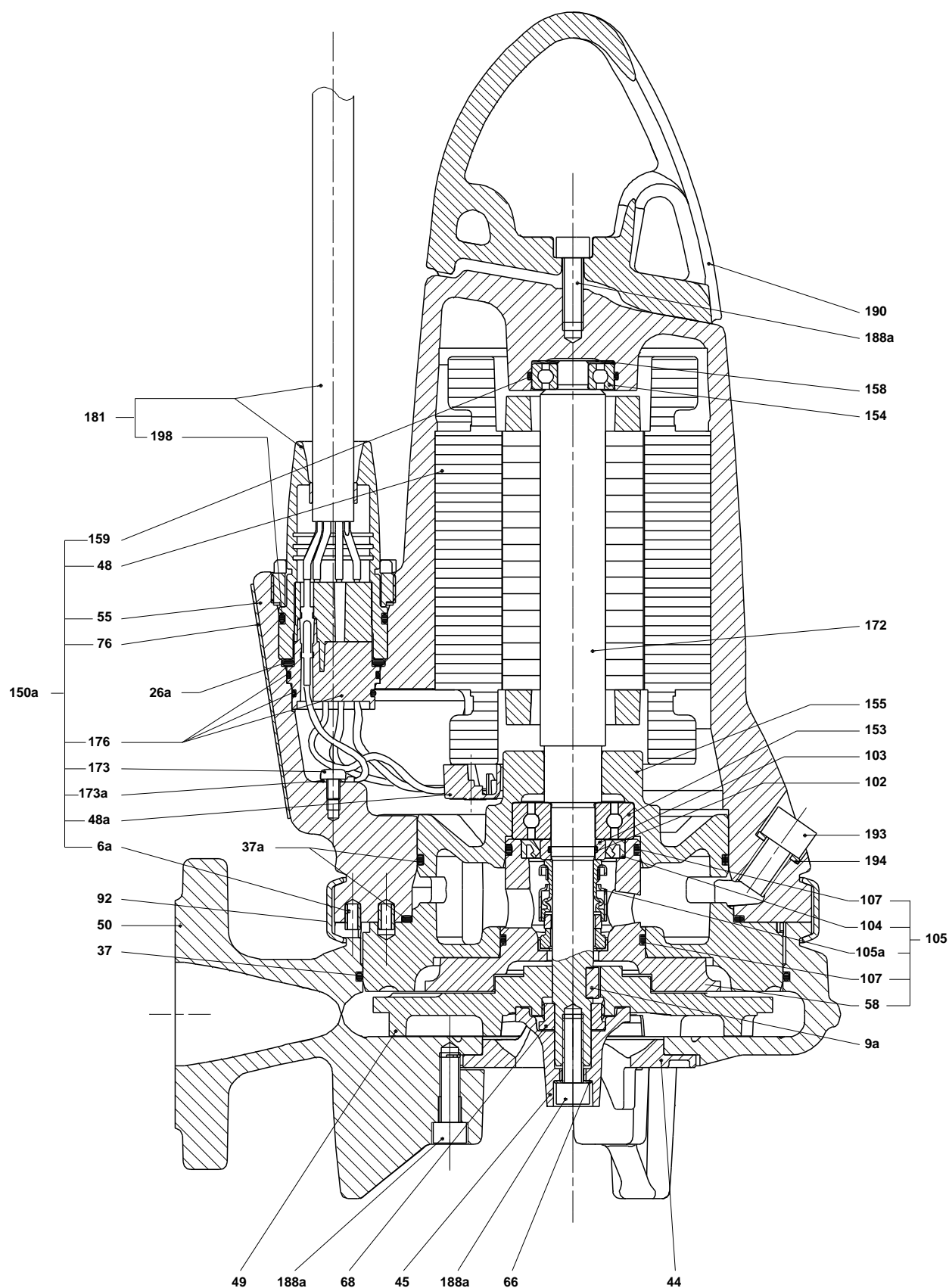
Product No.: On request

Total: Price on request

Exploded view (TM065739 SEG 0.9-1.5KW)



Sectional drawing (tm025378 0303)



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada 20 Juli 1994, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Surabaya, SDN Kendangsari I Surabaya, SMPN 6 Surabaya, dan SMAN 15 Surabaya. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan pada tahun 2012. Selama masa perkuliahan, penulis aktif pada beberapa organisasi. Organisasi yang pernah diikuti, antara lain Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan 2013-2014, Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan 2013-2014. Selain itu, penulis juga aktif menjadi panitia diberbagai kegiatan.